

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAP GABLE FRAME DENGAN  
MENGUNAKAN PROFIL BAJA WF DENGAN METODE LRFD PADA  
PROYEK BALROOM IJEN PADJADJARAN SUITS RESORTS AND  
CONVENTION HALL  
MALANG**



**DISUSUN OLEH :  
MACHADO ROQUE VIANA BOSSA  
(08.21.079)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**SKRIPSI**  
**PERENCANAAN STRUKTUR ATAP GABLE FRAME DENGAN**  
**MENGGUNAKAN PROFIL BAJA WF DENGAN METODE LRFD PADA**  
**PROYEK BALROOM IJEN PADJADJARAN SUITS RESORTS AND**  
**CONVENTION HALL MALANG**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Jurusan Teknik Sipil S-1

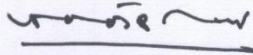
*Oleh :*

**MACHADO ROQUE VIANA BOSSA**

**(08.21.079)**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



**(Ir. H. Sudirman Indra., MSc)**

Dosen Pembimbing II



**(Ir. Ester Priskasari, MT)**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan



**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**SKRIPSI**  
**PERENCANAAN STRUKTUR ATAP GABLE FRAME DENGAN**  
**MENGGUNAKAN PROFIL BAJA WF DENGAN METODE LRFD PADA**  
**PROYEK BALROOM IJEN PADJADJARAN SUITS RESORTS AND**  
**CONVENTION HALL**  
**MALANG**

*Disusun Oleh :*

**MACHADO ROQUE VIANA BOSSA**  
**(08.21.079)**

**Dipertahankan Dihadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi Akhir Jenjang**  
**Strata Satu (S-1)**

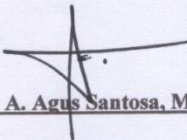
**Pada Hari / Tanggal :**

22 Agustus 2014


**Disahkan Oleh :**

Panitia Ujian Skripsi,

Ketua

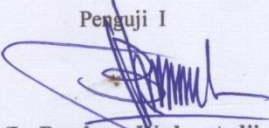
  
**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

Sekretaris

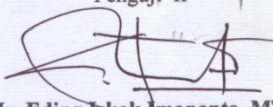
  
**(Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT)**

Anggota Penguji,

Penguji I

  
**(Ir. Bambang Wedyantadi, MT)**

Penguji II

  
**(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2014

## **ABSTRAKS**

MACHADO ROQUE VIANA BOSSA (08.21.079) “PERENCANAAN STRUKTUR ATAP GABLE FRAME DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL BAJA WF DENGAN METODE LRFD PADA PROYEK BALROOM IJEN PADJADJARAN SUITS RESORT AND CONVENTION HALL MALANG”. SKRIPSI, JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1, INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG. PEMBIMBING : (I) Ir.H.SUDIRMAN INDRA.,MSc DAN (II) Ir-. ESTER PRISKASARI, MT.

---

---

### **Kata Kunci : Baja WF ( Gable Frame)**

Seiring pesatnya laju pembangunan di Indonesia peranan baja sebagai bahan konstruksi sangatlah besar. Dalam mendesain struktur suatu bangunan harus memenuhi tiga hal penting yaitu kekuatan,estetika dan ekonomis.

Konstruksi dengan menggunakan bentuk profil Wide Flange adalah bentuk yang sering di jumpai dalam pembangunan konstruksi baja.

Desain plastis merupakan alternative lain di samping teori elastic yang di terapkan pada struktur baja dengan pembebanan statis untuk bentuk tertentu. Pada teori ini walaupun tegangan pada bahan sudah melewati batas elastis,yaitu tegangan serat luar beberapa tempat telah mencapai tegangan leleh,namun konstruksi belum runtuh.Bahkan masih dapat menahan beban tambahan,karena akan terjadi redistribusi momen sampai di seluruh penampang baja.

Dengan menggunakan hasil analisa STAAD PRO. Penyusun merencanakan profil wide flange sehingga terjadi pengurangan berat baja dari profil wide flange biasa.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya yang dilimpahkan kepada saya, sehingga pada akhirnya Skripsi dengan judul PERENCANAAN STRUKTUR ATAP GABLE FRAME DENGAN MENGGUNAKAN PROFIL BAJA WF DENGAN METODE LRFD PADA PROYEK BALROOM IJEN PADJADJARAN SUITS RESORT AND CONVENTION HALL MALANG dapat terselesaikan sesuai yang diharapkan.

Pada kesempatan ini selaku penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung dalam penulisan Skripsi ini. Ucapan terima kasih ini saya sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT., selaku Dekan FTSP.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
3. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT,. Selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil S-1.
4. Ibu Ir. Munasih, MT selaku Koordinator Studio Teknik Sipil.
5. Bapak Ir. H.Sudirman Indra., MSc dan Ibu Ir. Ester Priskasari, MT selaku dosen pembimbing Skripsi.
6. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji., MT dan Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT selaku dosen penguji Skripsi.
7. Teman-teman yang selalu mendukung agar Skripsi ini dapat terselesaikan.

Dalam penyusunan Skripsi, saya sebagai penyusun menyadari akan masih banyaknya kekurangan untuk itu penulis mengharapkan masukan-masukan, kritikan dan saran dari Bapak, Ibu dosen dan teman-teman untuk melengkapi Skripsi ini agar jauh lebih sempurna sehingga dapat bermanfaat bagi pembaca nantinya.

Malang, ... September 2014

Penyusun

## DAFTAR ISI

**LEMBAR JUDUL**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR PERNYATAAN**

**ABSTRAKSI**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Tinjauan Umum.....	1
1.2 Latar Belakang.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan .....	2
1.4 Lingkup pembahasan .....	3

**BAB II LANDASAN TEORI .....** 5

2.1 Atap Secara Umum.....	5
2.1.1 Bentuk Model Atap.....	5
2.2 Sifat Mekanis Baja.....	7
2.3 Keuntungan Baja Sebagai Material Struktur Bangunan.....	8
2.4 Kombinasi Pembebanan .....	10
2.5 Perencanaan Batang Tarik.....	11
2.6 Perencanaan Batang Tekan .....	13
2.7 Metode LRFD .....	13
2.8 Perencanaan Balok Lentur .....	15
2.8.1 Stabilitas Terhadap Tekuk Lokal .....	16
2.8.2 Stabilitas Terhadap Tekuk Lateral.....	17
2.8.3 Kekuatan Momen Nominal.....	19
2.8.4 Kekuatan Geser Nominal .....	20
2.8.5 Stabilitas Terhadap Gaya Tekan Tumpu .....	22
2.8.6 Stabilitas Terhadap Aksi Medan Tarik .....	23

2.8.7 Stabilitas Terhadap Interaksi Geser dan Lentur .....	25
2.9 Kolom Baja WF .....	25
2.9.1 Batas Kelangsingan Penampang .....	25
2.9.2 Perencanaan Akibat Gaya Tekan .....	26
2.9.3 Persamaan Interaksi Aksial - Momen .....	27
2.10 Gording .....	28
2.10.1 Idealisasi Struktur .....	28
2.11. Teori yang Digunakan .....	28
2.12 Batang Tarik (Tackstang) .....	28
2.12.1 Idealisasi Struktur .....	29
2.12.2 Teori yang Digunakan .....	29
2.12.3 Ikatang Angin Atap .....	29
2.12.4. Idealisasi Struktur .....	28
2.12.5 Teori yang Digunakan .....	28
2.13 Sambungan .....	29
Sambungan Pada Titik A .....	34
Sambungan Pada Titik B .....	50
Sambungan Pada Titik C .....	44
<b>BAB III PERHITUNGAN KOSTRUKSI .....</b>	<b>51</b>
3.1 Data Perencanaan .....	51
3.2 Perhitungan Pembebanan .....	52
3.2.1 Perhitungan Beban Mati .....	54
3.2.2 Perhitungan Beban Hidup .....	54
3.2.3 Perhitungan Beban Angin .....	54
3.2.4 Kombinasi Pembebanan .....	55
<b>BAB IV PERENCANAAN BALOK WF &amp; SAMBUNGAN .....</b>	<b>57</b>
4.1 Desain Balok WF .....	57
4.1.1 Stabilitas Terhadap Tekuk Lokal .....	58
4.1.2 Stabilitas Terhadap Tekuk Lateral .....	58
4.1.3 Kapasitas Momen Nominal .....	59
4.1.4 Kapasitas Geser Nominal .....	60

4.1.5	Stabilitas Terhadap Gaya Tekan Tumpu.....	61
4.1.6	Stabilitas Terhadap Aksi Medan Tarik .....	63
4.1.7	Kekuatan Terhadap Interaksi Geser dan Lentur .....	64
4.1.8	Kontrol Lendutan.....	65
4.2	Kolom Pendek Baja (WF) .....	65
4.2.1	Batas Kelangsingan Penampang.....	66
4.2.2	Perencanaan Akibat Gaya Tekan.....	67
4.2.3	Persamaan Interaksi Aksial–Momen .....	67
4.3	Gording .....	67
4.3.1	Idealisasi Struktur .....	67
4.3.2	Teori yang digunakan .....	67
4.4	Balok Tarik (Trackstang) .....	71
4.5	Ikatan Angin Atap.....	72
4.6	Sambungan .....	73
4.6.1	Sambungan pada titik A.....	73
4.6.2	Sambungan pada titik B .....	84
4.6.3	Sambungan pada titik C .....	106
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>113</b>

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Tinjauan Umum**

Saat ini penggunaan baja sebagai rangka konstruksi bangunan memang sudah banyak di manfaatkan sebagai material utama struktur bangunan. Mengingat penggunaan kayu yang sudah dianggap mahal dibandingkan dengan baja sehingga menjadi alternative rangka bangunan yang terbaik.

Keuntungan memanfaatkan rangka baja untuk konstruksi bangunan adalah mudah dalam pemasangan, praktis, kuat dan tahan lama. Selain itu baja tidak akan terpengaruh oleh perubahan cuaca yang ekstrim. Baja bisa didesain menjadi tidak mudah karatan, menjamur. Ditambah lagi dapat dibuat baja tahan air, anti rayap, tidak mudah keropos dan memiliki kekuatan leleh yang besar. Rangka baja tidak hanya digunakan untuk konstruksi atap rumah, tetapi juga dapat digunakan untuk membangun bangunan besar, seperti pabrik, gudang struktur konstruksi bangunan.

Rangka baja memiliki berbagai jenis profil dan ukuran. Kita dapat menyesuaikan ukuran rangka dengan jenis konstruksi dengan yang akan dibangun, seperti gudang, sekolah dll. Selain itu harga rangka baja juga sangat kompetitif dan rangka baja dapat dimanfaatkan untuk konstruksi atap lapangan futsal yang memiliki bentang yang lebar.

## **1.2. LatarBelakang**

Konstruksi atap baja WF yang di kerjakan di maksudkan untuk mendukung beban penutup atap,beban berat sendiri,beban beban sekunder seperti beban angin,beban pekerja dan beban lainnya yang kemungkinan bekerja.

Konstruksi atap baja WF ini di kerjakan pada gedung lapangan futsal yang diharapkan memiliki bentang yang lebar dan dipilih bentuk portal.WF sebab memiliki keunggulan bentuk yang lebih lapang pada tengah tengah gedung di banding bentuk rangka kuda kuda,dan lebih mudah dan cepat pada pelaksanaannya.

## **1.3. Maksud danTujuan**

Maksud dari penulisan ini adalah untuk mendesain perencanaan kuda kuda pada suatu atap konstruksi gedung dengan menggunakan profil baja WF. Disini akan di perhitungkan perencanaan dengan menggunakan program bantu STAAD PRO.dari balok kuda kuda (Beton bertulang),kolom pendek,balok atap,gording,takstang,ikatan angin sampai detail detail sambungan pada titik simpul.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk merencanakan konstruksi atap dengan pemilihan model atap yang sesuai dengan kegunaan bangunan tersebut,dalam mendesain konstruksi atap ini di utamakan factor estetika yang lebih indah pada pemodelan plaffond,dan bobot beratnya lebih ringan dan ekonomis jika dibandingkan dengan model atap seperti dak beton.

#### **1.4. Lingkup pembahasan**

Dalam penulisan tugas akhir ini pembahasan dibatasi hanya untuk struktur atas yaitu hanya pada kuda kuda dan balok ring.

Adapun batasan-batasan yang diambil untuk penulisan ini, meliputi :

1. Pada konstruksi atap ini disusun merencanakan :

- Perencanaan Gording
- Perencanaan Trekstang
- Perencanaan Ikatan angin
- Perencanaan Balok (profil baja WF)
- Perencanaan kolom (Baja WF)

2. Desain sambungan pada titik simpul.

- Perhitungan Sambungan sudut Balok – Kolom
- Perhitungan Sambungan Puncak Balok – Balok
- Perhitungan Sambungan Kolom (WF) – Kolom (Beton)

Semua perencanaan yang di atas dari Analisa statika sampai balok ring menggunakan program STAAD PRO 2004 3 Dimensi

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Atap Secara Umum**

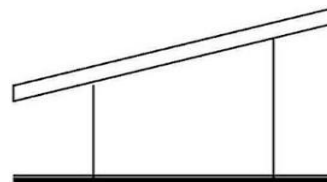
Atap merupakan bagian dari bangunan gedung (rumah) yang letaknya berada dibagian paling atas, yang berfungsi sebagai penutup/pelindung bangunan dari panas terik matahari dan hujan sehingga memberikan kenyamanan bagi penggunaan bangunan, untuk perencanaannya atap ini haruslah diperhitungkan dan harus mendapat perhatian yang khusus dari perencana (arsitek). Karena dilihat dari penampakkannya ataplah yang paling pertama kali terlihat oleh pandangan setiap yang memperhatikannya. Untuk itu dalam merencanakan bentuk atap harus mempunyai daya artistik. Bisa juga dikatakan bahwa atap merupakan mahkota dari suatu bangunan rumah.

##### **2.1.1 Bentuk Model Atap**

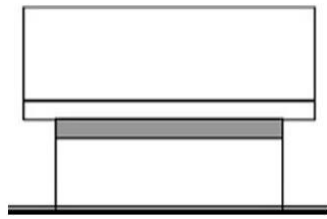
Bentuk atau model konstruksi atap bermacam-macam sesuai dengan peradaban dan perkembangan teknologi serta sesuai dengan segi arsitekturnya. Bentuk model atap ada beberapa macam yaitu :



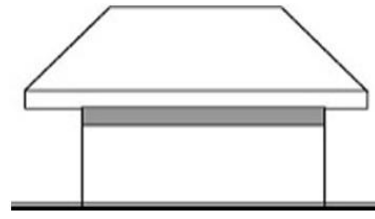
Gambar : Atap Datar



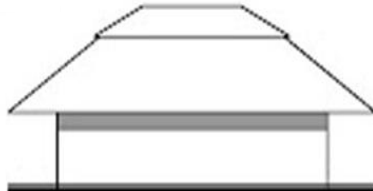
Gambar : Atap Sandar



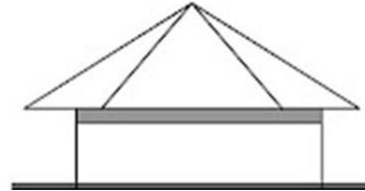
Gambar : Atap Pelana



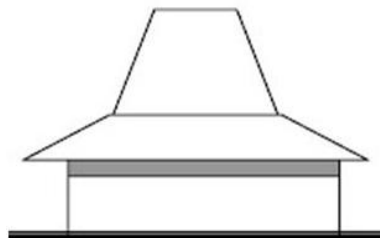
Gambar : Atap Perisai



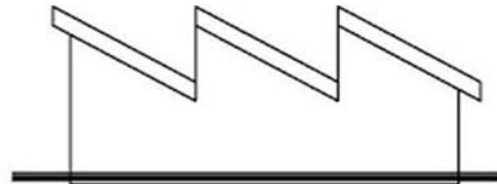
Gambar : Atap Masard



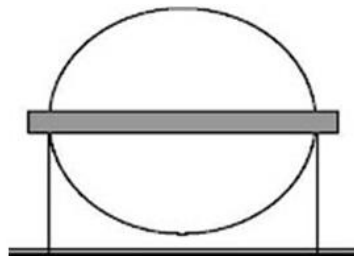
Gambar : Atap Masard



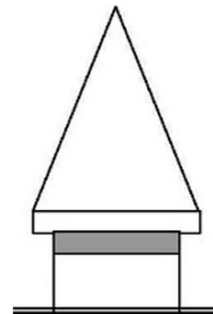
Gambar : Atap Joglo



Gambar : Atap Gergaji



Gambar : Atap Kubah



Gambar : Atap Kerucut

*Gambar 2.1 Bentuk Model Atap*

## 2.2. Sifat Mekanis Baja

Menurut SNI 03–1729–2002 tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum, Tegangan Leleh ( $f_y$ ) dan Tegangan Putus ( $f_u$ ) untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan Tabel 2.1.

(SNI 03–1729–2002, Hal:9 – 11)

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

*Tabel 2.1 Sifat-Sifat Mekanis Baja struktural*

Sifat-sifat mekanis lainnya, Sifat-sifat mekanis lainnya baja struktural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

(SNI 03-1729-2002, Pasal 5.1.3. Hal:9)

Modulus elastisitas :  $E = 2100000 \text{ MPa}$

Modulus geser :  $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah poisson :  $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ \text{C}$

### **2.3. Keuntungan Baja Sebagai Material Struktur Bangunan**

Baja mempunyai sifat yang menguntungkan tetapi juga mempunyai beberapa kelemahan.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh baja adalah sebagai berikut :

#### **1. Kekuatan tinggi.**

Baja bisa diproduksi dengan berbagai kekuatan yang bisa dinyatakan dengan kekuatan tegangan tekan lelenya ( $\sigma_y$ ) atau oleh tegangan tarik batas ( $\sigma_u$ ).Bahan baja walaupun dari jenis yang paling rendah kekuatannya, tetap

mempunyai perbandingan kekuatan per-volume lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan-bahan bangunan lainnya yang umum dipakai.

## **2. *Kemudahan pemasangan***

Komponen-komponen baja biasanya mempunyai bentuk standard dan sifat-sifat tertentu yang mudah diperoleh dimana-mana. Sehingga satu-satunya kegiatan yang dilakukan di lapangan pemasangan bagian-bagian konstruksi yang telah dipersiapkan.

## **3. *Keseragaman***

Sifat-sifat dari baja, baik sebagai bangunan maupun dalam bentuk struktur terkendali dengan baik, sehingga elemen-elemen dari konstruksi bisa bertingkah laku sesuai yang diduga dalam perencanaan. Hal tersebut padat menghindari terjadinya proses pemborosan dalam akibat adanya berbagai ketidakpastian.

## **4. *Daktilitas***

Sifat dari baja yang dapat mengalami deformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik yang tinggi tanpa hancur atau putus. Sifat daktilitas ini membuat struktur baja mampu mencegah terjadinya proses robohnya bangunan secara tiba-tiba.

*Keuntungan-keuntungan lain yang dapat diperoleh dari struktur baja, seperti:*

- Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat dan tidak memakan tempat kerja.
- Komponen-komponen strukturnya bisa digunakan lagi untuk keperluan lainnya.
- Komponen-komponen yang sudah tidak dapat digunakan lagi masih mempunyai nilai sebagai besi tua.

- Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang tidak terlalu sukar.

*Kelemahan-kelemahan dari bahan baja sebagai berikut :*

- Komponen-komponen struktur yang dibuat dari bahan baja perlu diusahakan supaya tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
- Diperlukan suatu biaya pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.
- Akibat kemampuannya menahan tekukan pada batang-batang yang langsing, walaupun dapat menahan gaya-gaya aksial, tetapi tidak bisa mencegah terjadinya pergeseran horisontal.

## **2.4. Kombinasi Pembebanan**

Spesifikasi LRFD mengambil kombinasi-kombinasi beban terfaktorkan sebagai berikut :

*(SNI 03 – 1729 2002, Hal:13, Pasal 6.2.2)*

$$1,4 D$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 ( L_a \text{ atau } H )$$

$$1,2 D + 1,6 L ( L_a \text{ atau } H ) + ( 0,5 L \text{ atau } 0,8 W )$$

$$1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 ( L_a \text{ atau } H )$$

$$1,2 D + 1,0 E + 0,5 L$$

$$0,9 D - ( 1,3 W \text{ atau } 1,0 E )$$

Beban-beban layanan nominal yang ditunjukkan oleh persamaan diatas adalah :

- D = Beban mati yang diakibatkan dengan berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap.
- L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.



$L_a$  = Beban hidup di atap ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

$W$  = Beban angin.

$E$  = Beban gempa.

$H$  = Beban air hujan atau es, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

## 2.5. Perencanaan Batang Tarik

Penggunaan baja structural yang paling efisien adalah sebagai bahan tarik, yaitu komponen struktur yang memikul gaya tarik antara dua titik pada struktur. seluruh kekuatan batang dapat dimobilisasikan secara optimal hingga mencapai keruntuhan. bila batang tersebut harus juga memikul momen lentur dan gaya tekan (secara bergantian dengan gaya tarik), maka efisiensi penggunaan kekuatan batang tersebut akan berkurang. komponen struktur yang memikul gaya aksial tarik terfaktor ( $n_u$ ) harus memenuhi persamaan dibawah ini, (tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung:

Dengan  $\phi N_n = 0.9 A_g f_y$  untuk kondisi leleh

$\phi N_n = 0.75 A_e f_y$  untuk kondisi fraktur

Dimana:

$A_g$  = Luas Penampang Kotor,  $\text{mm}^2$

$A_e$  = Luas Efektif Penampang

$F_y$  = Tegangan Leleh

$F_u$  = Tegangan Tarik Putus

Luas penampang efektif komponen yang mengalami gaya tarik ditentukan dengan persamaan sebagai berikut ;

$$A_c = AU$$

Keterangan :

A= luas penampang

$$U = 1 - (X/L) \leq 0.9 \text{ (Faktor Reduksi)}$$

Keterangan

X= Eksentritas sambungan jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang yang disambung dengan bidang sambungan

L= Panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik.

## **2.6. Perencanaan Batang Tekan**

Batang tekan merupakan batang dari suatu rangka batang. Gaya tekan searah panjang batang. mumpunya pada rangka batang, batang tepi atas adalah batang tekan.

Keruntuhan Batang Tekan

1. Keruntuhan yang diakibatkan tegangan lelehnya dilampaui terjadi pada batang tekan yang pendek
2. Keruntuhan yang diakibatkan oleh terjadinya tekuk, terjadi pada batang tekan yang langsing

## **2.7. Metode LRFD**

Desain struktur haruslah memberikan keamanan yang cukup baik terhadap kemungkinan kelebihan beban ( over load ) atau kekurangan kekuatan. Desain harus memberikan cadangan kekuatan yang diperlukan akibat kemungkinan kelebihan beban dan kemungkinan kekuatan material yang rendah. Oleh karena itu LRFD

memberikan design factor resistance ( keamanan ) dan faktor beban. Persamaan umum LRFD dituliskan :

( *Struktur Baja Desain dan Prilaku I*,  
Charles G.Salmon & John E.Johnson ; hal :28)

$$\phi R_n \geq \gamma_o \sum \gamma_i \cdot Q_i$$

Dimana :

$\phi$  = faktor resistensi

$R_n$  = kekuatan nominal

$\gamma$  = faktor kelebihan beban

$Q$  = beban (beban mati, beban hidup, beban angin)

Ruas kiri menyatakan kekuatan nominal  $R_n$  yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas (*undercapacity*)  $\phi$ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*).

Ruas kanan merupakan jumlah hasil kali pengaruh beban  $Q_i$  dan faktor kelebihan beban (*overload*)  $\gamma_i$ . jumlah hasil kali ini dikalikan dengan faktor analisa  $\gamma_o$  (bilangan lebih besar dari 1,0) untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam analisa struktur. Sebagai perbandingan dengan filosofi perencanaan konvensional, faktor  $\phi$  bisa dipindah ke ruas kanan menjadi penyebut sehingga didapatkan faktor keamanan.

Berikut adalah beberapa faktor resistensi  $\phi$  yang representatif :

- Batang tarik : ( *SNI Baja 03-1729-2002, Tabel 6.4-2, hal 18 dari 148*)

$\phi_t = 0,90$  untuk keadaan batas leleh

$\phi_t = 0,75$  untuk keadaan batas retakan

- Batang tekan :

$\phi_c = 0,85$

- Balok :

$$\phi_b = 0,90 \text{ untuk keadaan batas leleh}$$

- Pengelasan :

$$\phi = \text{sama untuk semua tipe kerja, yakni tarik, lentur dan sebagainya.}$$

- Penyambung (baut A235) :

$$\phi = 0,75 \text{ untuk kekuatan tarik}$$

$$\phi = 0,65 \text{ untuk kekuatan geser}$$

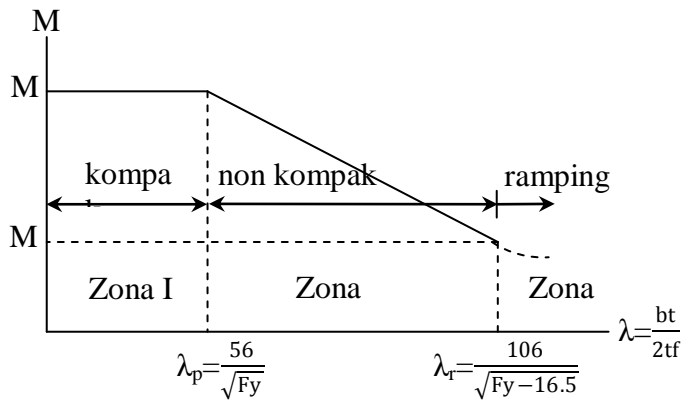
## 2.8. Perencanaan Balok Lentur

Suatu balok dengan dua tumpuan yang menerima pembebanan akan mengalami gaya-gaya seperti momen dan geser. Oleh karena itu, maka suatu balok harus ditinjau dari:

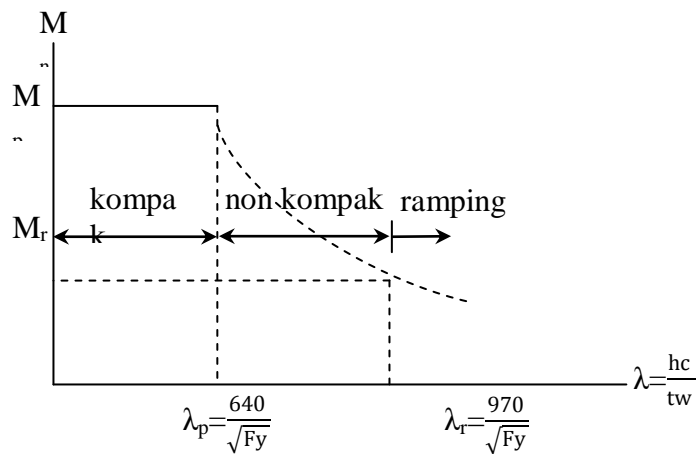
1. Stabilitas terhadap tekuk lateral
2. Stabilitas terhadap tekuk local flens
3. Kekuatan momen nominal
4. Kekuatan geser nominal
5. Stabilitas terhadap gaya tekan tumpu
6. Stabilitas terhadap aksi medan tarik
7. Kekuatan terhadap interaksi geser dan lentur

### 2.8.1. Stabilitas terhadap tekuk Lokal(*local buckling*)

Sebelum memperhitungkan kekuatan momen nominal, suatu balok harus ditinjau terlebih dahulu kestabilan lateralnya. Desain harus memperhitungkan fakta bahwa *tekuk local flens tekan* atau *tekuk local badan* dapat terjadi sebelum mencapai regangan tekan yang besar diperlukan untuk menimbulkan  $M_p$ .



a. Keadaan Batas Tekuk Lokal



b. Keadaan Batas Tekuk Lokal Badan  
Balok

*Gambar 2.2 Keadaan Batas Lentur*

Balok dengan dimensi yang secara lateral stabil disebut *Penampang Kompak* syarat

*Penampang Kompak* :

( SNI Baja 03-1729-2002, Tabel 7.5-1, hal 30  
dari 148)

- Perbandingan lebar flens terhadap tebal flens :  $\lambda_f = \frac{bf/2}{t_f}$   
tidak memenuhi  $\lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$  (dalam MPa) atau  $\lambda_{pf} = \frac{65}{\sqrt{f_y}}$  (dalam ksi)
- Perbandingan lebar terhadap tebal :  $\lambda_w = \frac{hw}{tw} = \frac{h-(2t_f)}{tw}$   
tidak memenuhi  $\lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$  (dalam MPa) atau  $\lambda_{pw} = \frac{640}{\sqrt{f_y}}$  (dalam ksi)

Dimana :

$t_f$  = tebal pelat sayap ( flens) penampang (cm)

$b_f$  = lebar pelat sayap ( flens) penampang (cm)

$h_w$  = tinggi bersih pelat penampang (cm)

$\lambda_f$  = rasio kerampingan pada sayap ( flens )

$\lambda_{pf}$  = rasio kerampingan maksimum pada flens untuk elemen kompak

$\lambda_w$  = rasio kerampingan pada badan ( web )

$\lambda_{pw}$  = rasio kerampingan maksimum pada web untuk elemen kompak

$f_y$  = tegangan leleh

### 2.8.2. Stabilitas terhadap tekuk lateral (*lateral buckling*)

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua penggekan lateral yang berdekatan. Batas-batas bentang pengekan lateral (L) ditentukan sebagai berikut:

#### 1. Bentang pendek $L < L_p$ ( Zona I )

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (dalam MPa) atau } L_p = \frac{300}{\sqrt{F_y}} \cdot r_y \text{ (dalam ksi)}$$

$$\text{dengan } r_y = \sqrt{\frac{I_g}{A}} \quad \text{( SNI Baja 03-1729-2002, Tabel 8.3-2, hal 38 dari 148)}$$

Untuk komponen struktur yang memenuhi  $L \leq L_p$  kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah  $M_n = M_p$ . Dalam kasus perhitungan disini menggunakan bentang pendek. Jika  $L < L_p$  maka penampang sudah kuat terhadap tekuk lateral. Jika tidak maka perlu diberikan pengaku antara jarak sama dengan atau kurang dari  $L_p$ .  
( SNI Baja 03-1729-2002, hal 38 dari 148)

## 2. Bentang menengah $L_p < L < L_r$ ( Zona II )

Untuk komponen struktur yang memenuhi  $L_p \leq L \leq L_r$  , kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah:

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$\text{dengan, } C_b = \frac{12,5 \cdot M_{max}}{2,5 \cdot M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2,3$$

dimana,  $M_{max}$  adalah momen maksimum bentang yang ditinjau dan  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  adalah momen  $\frac{1}{4}$  bentang, tengah bentang dan  $\frac{3}{4}$  bentang.

## 3. Bentang panjang $L > L_r$ ( Zona III )

Untuk komponen struktur yang memenuhi  $L_r \leq L$ , kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah  $M_n = M_{cr} \leq M_p$

### 2.8.3. Kekuatan Momen Nominal

Persyaratan kekuatan untuk balok pada sesain faktor beban dan resistensi menurut LRFD-F2 dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\phi_b M_n \geq M_u$$

dimana  $\phi_b$  = faktor resistensi (yakni reduksi kekuatan) untuk lentur = 0,90

$M_n$  = kekuatan momen nominal

$M_u$  = momen beban layanan terfaktor

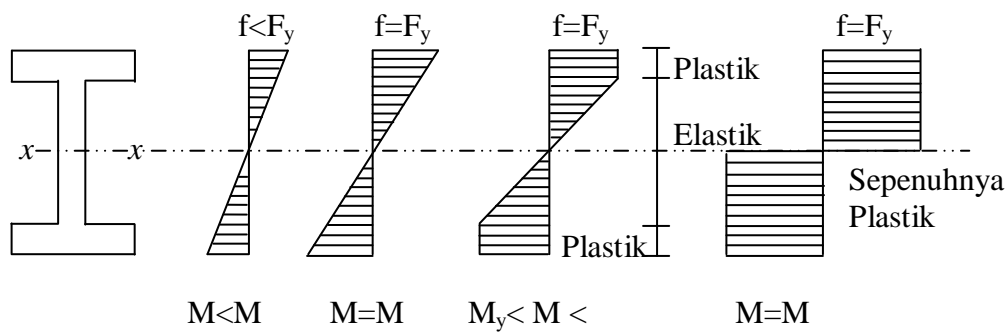
Untuk penampang kompak,

$$M_n = M_p = Z \cdot F_y$$

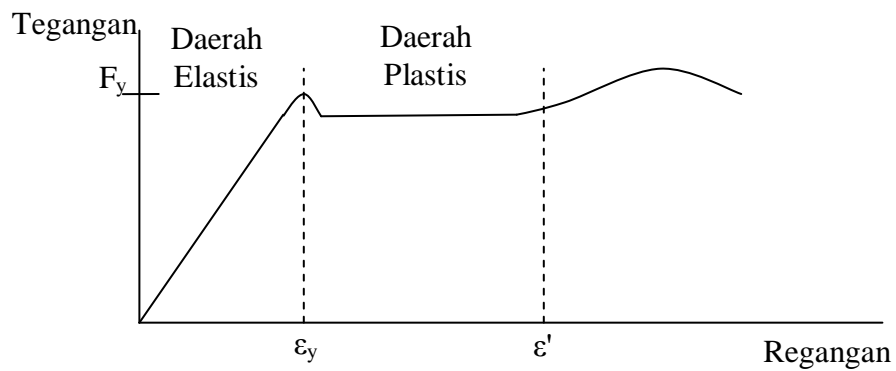
Dimana  $M_p$  = kekuatan nominal plastic

$Z$  = modulus plastic

$F_y$  = tegangan leleh yang ditentukan



Gambar 2.3 Distribusi tegangan pada berbagai tahap

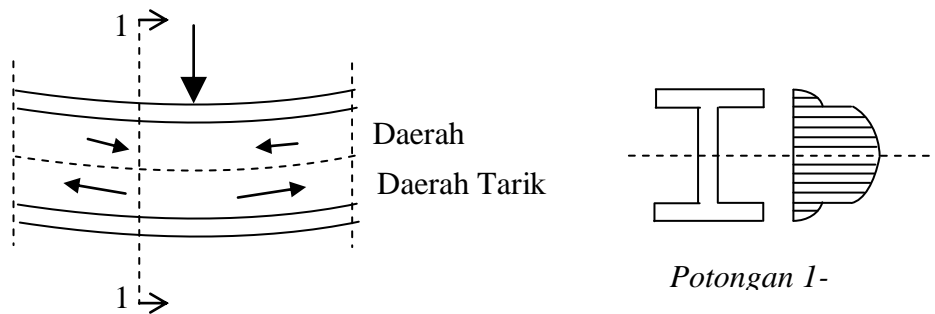


Gambar 2.4 Diagram tegangan dan regangan



#### 2.8.4. Kekuatan Geser Nominal

Dalam keadaan terlentur, suatu balok akan mengalami gaya geser. Gaya geser terbesar terjadi pada sumbu balok tersebut



Balok dengan beban terpusat yang mengalami lenturan sehingga mengakibatkan timbulnya daerah tekan dan

Gambar 2.5 Perilaku balok dalam gaya geser

Kuat geser nominal ( $V_n$ ) pelat badan harus diambil seperti yang ditentukan di bawah ini : ( SNI Baja 03-1729-2002, hal 45 dari 148)

➤ Untuk Zona I :  $\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{f_y}}$

Maka kuat geser nominal pelat badan,  $\phi \cdot V_n = 0,6 F_y \cdot A_w$

Dimana :  $V_n$  = kekuatan nominal dalam geser

$F_y$  = tegangan leleh

$A_w$  = luas badan

➤ Untuk Zona II :  $1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{f_y}}$

Maka kuat geser nominal pelat badan,

$$\phi \cdot V_n = 0,6 F_y \cdot A_w \left[ 1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{f_y}} \right] \frac{1}{(h/t_w)}$$

➤ Untuk Zona III :  $1,37 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w}$ ,

Maka kuat geser nominal pada badan,

$$\phi \cdot V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{(h/t_w)^2}$$

dengan  $K_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$

dimana :

$K_n$  = 5 apabila tidak dipasang pengaku vertikal

$h$  = tinggi balok berdinding penuh (cm)

$t_w$  = tebal pelat badan (cm)

$a$  = jarak antara dua pengaku vertikal (cm)

$A_w$  = luas pelat badan (cm<sup>2</sup>)

Dalam perencanaan harus diperhitungkan :

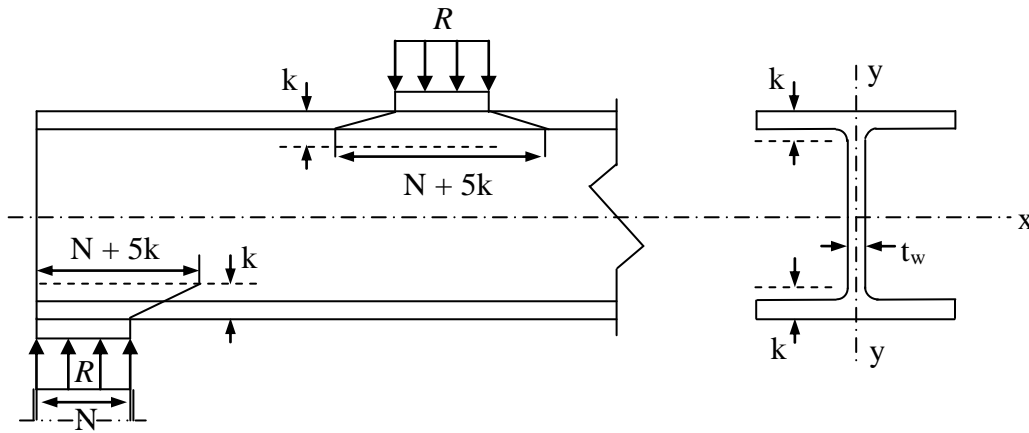
$$\phi \cdot V_n \geq V_u$$

dengan  $\phi$  = faktor reduksi (yakni reduksi kekuatan) untuk geser = 0,90

$V_u$  = beban geser layanan terfaktor

#### 2.8.5. Stabilitas terhadap gaya tekan tumpu

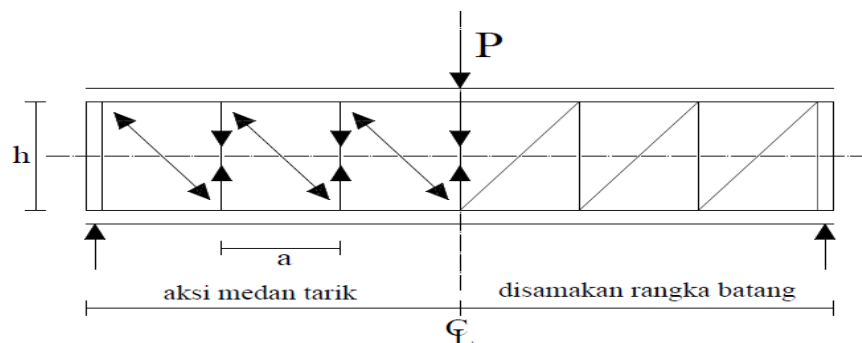
Bila beban terpusat dikenakan pada balok yang terletak pada tumpuan reaksi dari flens balok pada sambungan ke kolom, pelelehan setempat akan terjadi di dekat beban terpusat tersebut dari tegangan tekan yang tinggi yang diikuti tekuk tak elastis pada daerah badan yang berdekatan dengan rumit *filet*.



Gambar 2.6 Balok yang menerima gaya tekan tumpu

### 2.8.6. Stabilitas terhadap aksi medan tarik (*tension field action*)

Gelagar pelat biasanya didesain dengan disertai pengaku antara (*intermediate stiffener*) seperti terlihat pada gambar dibawah ini. Kedua parameter stabilitas untuk badan gelagar adalah  $h/t_w$  dan  $a/h$ . tekuk yang diakibatkan geser dapat dihindari bila parameter-parameter stabilitas ini dipertahankan cukup rendah; atau tegangan geser dapat dipertahankan dibawah tegangan tekuk kritis  $\tau_{cr}$ . Karena balok tempa dimiliki rasio  $h/t_w$  yang rendah, tekuk yang diakibatkan geser tidak akan terjadi. Bila jarak antar pengaku  $a$  membuat  $a/t_w$  cukup rendah dan ukurannya cukup memungkinkan, mereka bekerja sebagai elemen vertikal tekan dalam sebuah rangka (truss). Kekuatan pasca tekuk (*aksi medantarik*) akan tersedia dan dapat dimanfaatkan dalam desain.



Gambar 2.7 Aksi Medan Tarik

Jika  $h/t_w \leq 260$  dan  $V_n \leq C_v (0,6 F_y) \cdot A_w$  maka pengaku tidak diperlukan.

Persamaan diatas logisnya berlaku untuk situasi-situasi *dengan* dan *tanpa* pengaku antara bila sasarannya adalah untuk mencegah tekuk yang diakibatkan oleh geser. ( SNI Baja 03-1729-2002, hal 47 dari 148)

Ada 2 kuat tekuk geser ( $V_n$ ) :

- Kuat tekuk geser elasto-plastis :

Kuat tekuk geser elasto-plastis pelat badan adalah

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15 \cdot \sqrt{(1 + (a/h)^2)}} \right]$$

Dengan

$$C_v = 1,10 \cdot \frac{\sqrt{K_n \cdot E / f_y}}{(h/t_w)}$$

- Kuat tekuk geser elastik :

Kuat tekuk geser elastis adalah

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15 \cdot \sqrt{(1 + (a/h)^2)}} \right]$$

Dengan

$$C_v = 1,5 \cdot \frac{K_n \cdot E}{f_y} \cdot \frac{1}{(h/t_w)^2}$$

#### 2.8.7. Kekuatan terhadap interaksi geser dan lentur

Menurut peraturan SNI 03-1729-2002, Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka balok harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser yaitu:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

( SNI Baja 03-1729-2002, hal 48 dari 148)

## 2.9. Kolom Baja WF

Kolom dapat dikategorikan berdasarkan panjangnya. Kolom pendek adalah jenis kolom yang kegagalannya berupa kegagalan material (ditentukan oleh kekuatan material). Dapat juga dikatakan bahwa kolom pendek adalah elemen struktur kolom yang mempunyai nilai perbandingan antara panjangnya dengan dimensi penampang melintang relatif kecil. Sehingga dapat dikatakan definisi dari desain kolom yang menggunakan profil baja WF (profil balok) adalah balok WF yang berperilaku sebagai kolom yang menerima beban aksial dan gaya momen. Dengan kata lain balok WF tadi ditempatkan sebagai kolom dalam kondisi struktural.

### 2.9.1. Batas Kelangsingan Penampang

Periksa kelangsingan penampang :

(Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD berdasarkan SNI Baja 03-1729-2002, contoh 4.3:hal 64)

$$\text{Flens } \frac{b/2}{t_f} < \lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_c}}$$

$$\text{Web } \frac{h}{t_w} < \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_c}}$$

Sedangkan pada SNI 03-1729-2002, Pasal 7.6.2. menyatakan bahwa untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai  $\lambda_r$  pada Tabel 7.5-1 di SNI, daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

untuk  $\lambda_c \leq 0,25$  maka  $\omega = 1$

$$\text{untuk } 0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{\omega 1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\text{untuk } \lambda_c \geq 1,2 \text{ maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

Keterangan:

$A_g$  = adalah luas penampang bruto,  $\text{mm}^2$

$f_{cr}$  = adalah tegangan kritis penampang, MPa

$f_y$  = adalah tegangan leleh material, MPa

### 2.9.2. Perencanaan Akibat Gaya Tekan

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor  $N_u$ , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$1) N_u \leq \phi_n N_n \quad (\text{SNI Baja 03-1729-2002, hal 55 dari 148})$$

Keterangan:

$\phi_n$  = adalah faktor reduksi kekuatan (lihat Tabel SNI 6.4-2)

$N_n$  = adalah kuat tekan nominal komponen struktur.

2) Perbandingan kelangsingan.

a) kelangsingan elemen penampang (lihat Tabel SNI 7.5-1 dan Pasal 7.6.4)

$$< \lambda_r$$

b) kelangsingan komponen struktur tekan,  $= \frac{L_k}{r} < 200$

- 3) Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar dari pada nilai  $\lambda_r$  yang ditentukan dalam (Tabel 7.5-1: SNI Pasal 7.6.4) harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

### 2.9.3. Persamaan Interaksi Aksial - Momen

Dalam segala hal, salah satu dari dua persamaan interaksi aksialmomen berikut ini harus dipenuhi oleh setiap komponen struktur prismatis simetris ganda dan simetris tunggal.

( SNI Baja 03-1729-2002, hal 24 dari 148)

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0.2 : \frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

Keterangan:

$N_u$  = adalah gaya aksial terfaktor, N

$N_n$  = adalah kuat nominal penampang komponen struktur

$\phi_b$  = adalah faktor reduksi kekuatan untuk komponen struktur lentur = 0,90

$M_{nx}$ ,  $M_{ny}$  adalah momen lentur nominal penampang komponen struktur masing-masing terhadap sumbu-x dan -y,  $M_{ux}$ ,  $M_{uy}$  adalah momen lentur terfaktor masing-masing terhadap sumbu-x dan -y, sudah termasuk pengaruh orde kedua, N-mm

## **2.10. Gording**

### **2.10.1. Idealisasi Struktur**

Gording dianggap sebagai balok diatas dua perletakan sendi pada balok WF dalam arah tegak lurus bidang atap. Gording memikul beban gravitasi yang menerima gaya normal tekan akibat beban angin, beban atap dan beban sendiri gording.

Di perhitungan gording pada struktur atap ini menggunakan program bantu STAAD Pro 2004, maka dimensi gording yang digunakan adalah:

C( Light Lip Channels ).

## **2.11. Batang Tarik (Trackstang)**

Kita ketahui bahwa sumbu y gording adalah sumbu lemah, sehingga akibat uraian gaya dalam arah sumbu y maka gording akan melentur besar. Untuk memperkecil lendutan arah y yang terjadi maka kita pasang trackstang yang menghubungkan antar gording.

### **2.11.1. Idealisasi Struktur**

Trackstang dianggap sebagai batang tarik yang berfungsi untuk memperkecil lendutan arah y. Perhitungan ini menggunakan Program bantu STAAD Pro 2004, yaitu : trackstang pada atap ini dimodelisasikan sebagai **“Tension Only”**(batang tarik). Karena penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen..



## **2.12. Ikatan Angin Atap**

Ikatan angin hanya bekerja menahan gaya normal tarik saja. Adapun cara kerjanya adalah apabila salah satu ikatan angin bekerja sebagai batang tarik, maka yang lainnya tidak menahan gaya apa-apa.

### **2.12.1. Idealisasi Struktur**

Perhitungan ini menggunakan Program bantu STAAD Pro 2004, yaitu :  
Ikatan Angin pada atap ini dimodelisasikan sebagai **“Tension Only”**(batang tarik). Karena penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen.

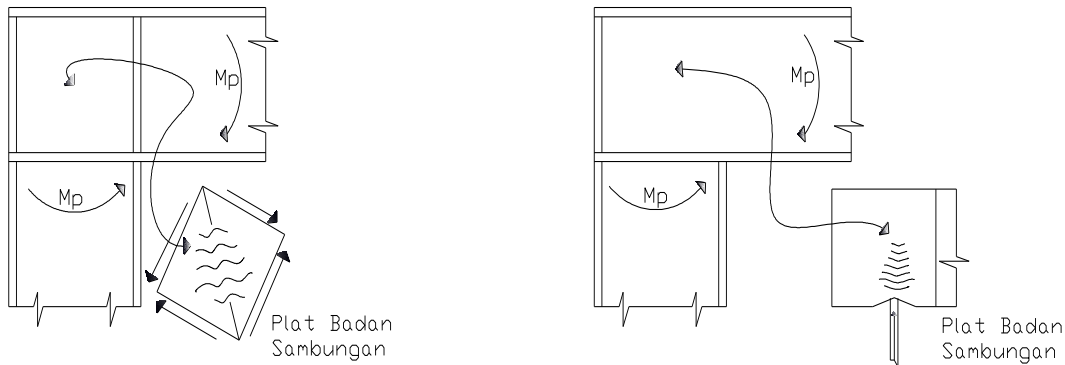
## **2.13. Sambungan**

Perhitungan sambungan hanya pada kuda-kuda WF, meliputi sambungan balok-kolom, balok-balok dan kolom (baja) – kolom (beton).

Sambungan memegang peranan penting pada setiap struktur baja, baik dalam desain elastic maupun plastis. Karena suatu keruntuhan struktur lebih sering diakibatkan oleh Sambungan dari pada oleh batang itu sendiri. Dalam desain plastis sambungan harus memungkinkan suatu struktur untuk mencapai kapasitas momen plastis penampangnya. Dari uraian sebelumnya, telah kita ketahui bahwa momen plastis sering terletak pada pertemuan dua batang atau lebih. Hal ini dapat di capai dengan adanya teknik penyambungan modern, baik dengan menggunakan las, las sebagian baut, ataupun paku keliling.

Selain momen, gaya aksial maupun gaya lintang yang bekerja pada pelat badan juga perlu ditinjau agar sesuai dengan perencanaan. Pelat badan ini harus di desain agar dapat

memberikan kekuatan yang cukup terhadap bahaya tekuk akibat 1, Gaya lintang (*shear*) : gaya tekan diagonal yang berasal dari garis gaya geser. Dan 2, thrust : gaya tekan terpusat yang bekerja di pelat badan pengaku (*stiffner*) sering diperlukan untuk menghindari bahaya tekuk semacam ini ataupun untuk menjaga kontinuitas bagian sayap penampangnya.



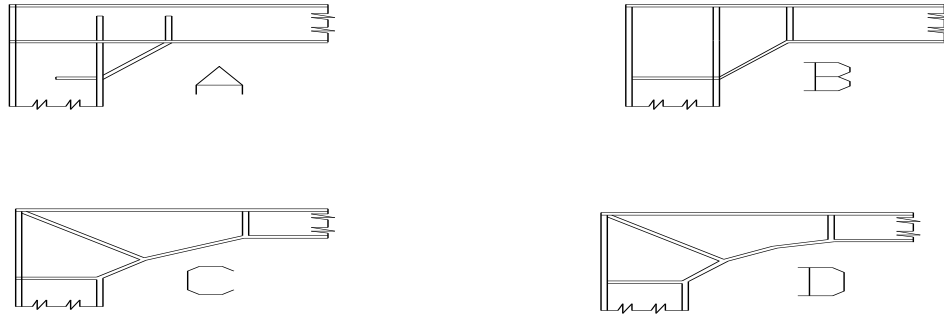
*Gambar 2.13.1 pelat badan sambungan*

### 2.13.1 Sambungan peninggian

Dalam desain elastic, sambungan peninggian (*haunched connections*) diperlukan untuk menyesuaikan penampang terhadap bentuk bidang momennya agar dapat menghasilkan desain yang lebih ekonomis. Demikian jenis sambungan ini juga dapat dimaksudkan untuk memperkecil ukuran batang dan menghemat biaya bahan. Akan tetapi, karena umumnya biaya pembuatan (biaya fabrikasi) sambungan ini cukup mahal, penghematan tersebut akan tereleminasi.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, ternyata sambungan ini mempunyai kekuatan yang cukup baik, walaupun terlihat adanya kekurangan dalam kapasitas rotasinya. Kekurangan ini sering dapat menimbulkan tekuk lateral pada bagian sayap tekan sebelum kondisi desain yang diinginkan tercapai. Karenanya sambungan peninggian

terutama dalam desain plastis harus memenuhi syarat kekuatan maupun ketahanan terhadap bahaya tekuk semacam itu agar dapat memungkinkan terbentuknya sendi plastis pada ujung peninggian tersebut.



*Gambar 2.13.2 sambungan peninggian*

### **2.13.2 Pengaku diagonal**

Segi empat ABCD pada gambar dibawah harus diperkuat dengan pengaku diagonal (diagonal stiffener) agar tidak terjadi tekuk. Dimensi pengaku yang diperlukan dapat dilakukan dengan melalui dua cara yaitu :

1. Berdasarkan keseimbangan horizontal gaya tekan flange peninggian dititik A
2. Berdasarkan keseimbangan horizontal gaya tarik Fange sebelah luar titik C.

Gaya tekan yang bekerja pengaku diagonal dapat ditentukan berdasarkan jumlah komponen horizontal gaya gaya pada flange peninggian yang dibuat sama dengan nol.

### **2.13.3 Pengaku melintang**

Sambungan peninggian seperti pada gambar dibawah didesain untuk portal pelana(*Gable Frame*).Dimensi peninggian dan bidang momen diperlihatkan dalam gambar.peninggian dibuat sedemikian rupa sehingga sendi plastis akan terbentuk di tiap titik.

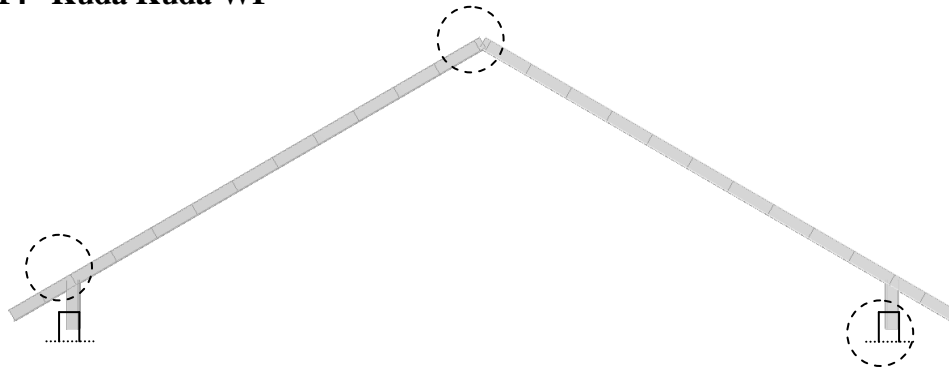
#### 2.13.4 Sambungan peninggian lengkung

Bentuk gambar peninggian lengkung (*curved haunch connections*) dapat dilihat pada gambar dibawah.dalam uraian ini di asumsikan bahwa momen plastis terletak pada balok yang disambung,dan penampang kritis (X-X) terletak pada jarak X atau sebesar sudut  $\beta$  dari potongan.

#### 2.13.5 Sambungan balok kolom

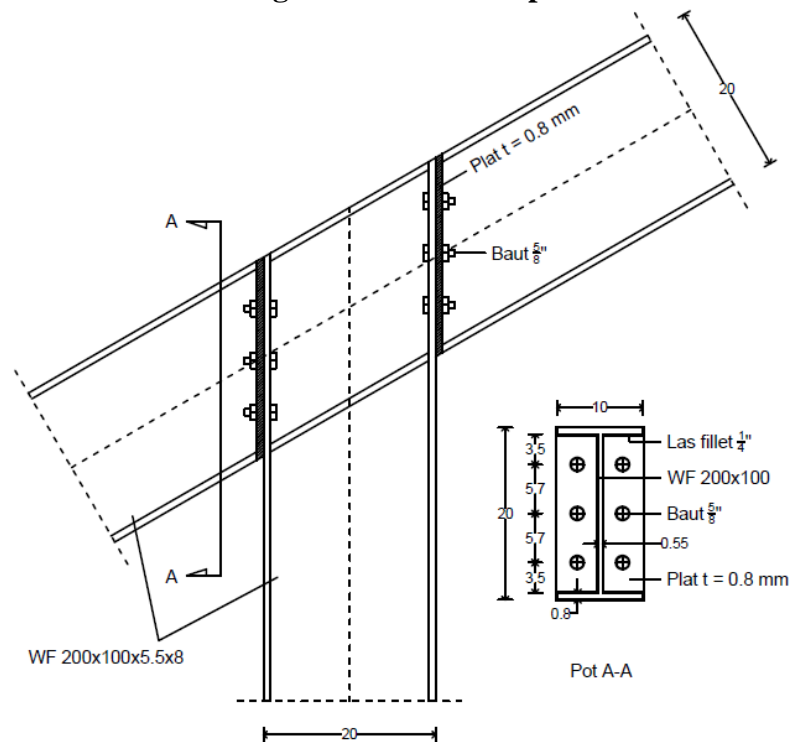
Beberapa sambungan balok kolom-kolom ditunjukkan oleh titik 2 dalam gambar sebelumnya yang diperjelas lagi oleh gambar dibawah.Fungsi sambungan atas dan interior adalah untuk menyalurkan gaya dari satu balok ke balok lainnya,dan kolom menahan setiap momen senjang (*unbalanced moment*).sambungan tepi menyalurkan momen balok ke kolom atas dan kolom bawah.

#### 2.14 Kuda Kuda WF



Gambar 2.14.1 Kuda-kuda WF

### 2.14.1 Teori Sambungan Pada Titil Simpul



Gambar 2.14.2 Sambungan Ujung Balok – Kolom Tanpa

#### A. Kontrol daerah panel

- Kuat geser nominal pelat badan ( $V_n$ )

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.46.PS.8.8.3})$$

Dimana :  $f_y$  = tegangan leleh baja

$A_w$  = luas kotor pelat badan

- Kuat geser daerah panel harus memenuhi syarat :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.45.PS.8.8.2})$$

Dimana :  $V_u$  = tegangan geser terfaktor

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$V_n$  = tegangan geser nominal

## B. Kontrol daerah panel

- Kuat geser nominal pelat badan ( $V_n$ )

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (SNI\ 03-1729-2002, Hal.46.PS.8.8.3)$$

Dimana :  $f_y$  = tegangan leleh baja

$A_w$  = luas kotor pelat badan

- Kuat geser daerah panel harus memenuhi syarat :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (SNI\ 03-1729-2002, Hal.45.PS.8.8.2)$$

Dimana :  $V_u$  = tegangan geser terfaktor

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$V_n$  = tegangan geser nominal

## C. Perhitungan jumlah baut

Digunakan baut mutu tinggi A235 di mana kekuatan tarik minimumnya ( $F_u$ ).

### 1. Kuat geser nominal baut :

$$\phi R_n = \phi_f \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (SNI\ 03-1729-2002, Hal.100.PS.13.2.2.1)$$

Dimana :

$r_l$  = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser.

$r_l$  = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser.

$\phi_f$  = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur.

$f_u^b$  = adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  = adalah luas bruto penampang baut pada daerah berulir

## 2. Kuat nominal baut dalam tarik :

$$\phi R_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.100.PS.13.2.2.1})$$

Dengan :

$\phi$  = 0,75 faktor reduksi kekuatan saat fraktur

$f_u^b$  = tegangan tarik tarik baut

$A_b$  = luas penampang bruto penampang baut

## 3. Kuat nominal tumpu baut :

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.101.PS.13.2.2.4})$$

Dengan :

$d_b$  = adalah diameter baut nominal pada daerah tak berulir.

$t_p$  = 0,8 cm tebal bagian yang disambung.

$f_u$  = kekuatan tarik dari bahan plat

## 4. Jumlah baut :

Dalam kasus ini, jumlah baut kita rencanakan sendiri. Setelah kita menentukan jumlah dan susunannya, perlu kita mengontrol kekuatannya. Ada dua cara yang dipergunakan dalam perhitungan jumlah baut. Keduanya perlu untuk diketahui perencana.

*Jarak baut tepi*

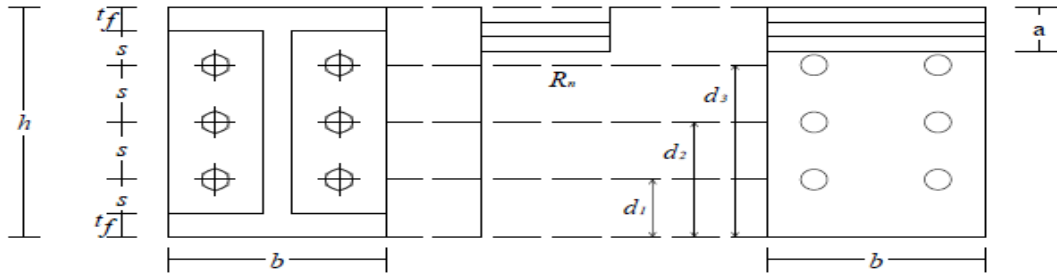
$$1,5d \leq s \leq 3d$$

*Jarak antar baut*

$$2,5d \leq s \leq 7d$$

## 5. Kontrol kuat tarik yang terjadi :

- Cara Plastis



Gambar 2.14.3 Penentuan Jarak Baut ( cara plastis )

Daerah Tarik (sama dengan daerah tekan) sejarak  $a$  dari ujung

Asumsi :  $0 < a < (h - d_3)$  cm

Kuat tarik baut

$$R_n = n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot A_b$$

$$f_y \cdot a \cdot b = n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot n_2$$

Dimana :  $n_1$  = jumlah baut dalam 1 baris

$n_2$  = jumlah baut dalam kolom

Kontrol  $a$

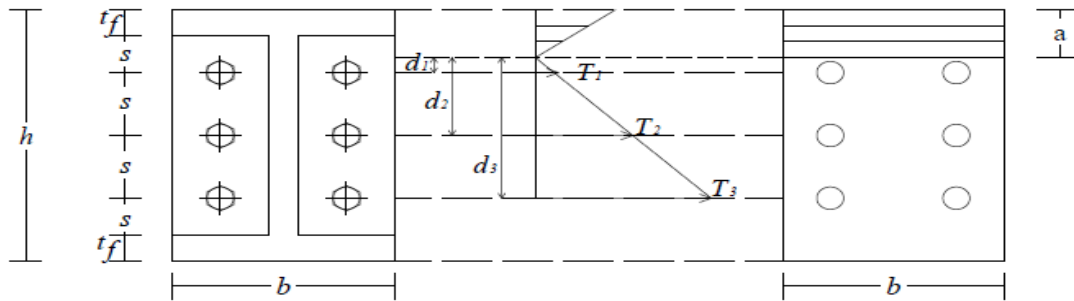
$$a = \frac{n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 - n_2}{f_y \cdot b}$$

$$M_d = [\phi_f \cdot n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot A_b \cdot \sum_n d_n] + [\phi_f \cdot a \cdot b \cdot f_y \cdot (d - a/2)]$$

$$M_d > M_u$$



- **Cara Elastis**



Gambar 2.14.4 Penentuan Jarak Baut ( cara elastis)

Dengan statis momen pada serat atas, diperoleh :

$$a = \sqrt{\frac{(a + d_1) + (a + d_2) + (a + d_3)}{b} \cdot n_1 \cdot \pi \cdot d_b^2} < a_{asumsi}$$

$$I = \frac{a^2 \cdot b}{3} + \sum n_1 \cdot A_b \cdot d_a^2$$

$$T = \frac{M_u \cdot A_b \cdot d_a}{I}$$

$$R_n = 1/2 \cdot f_{ub} \cdot 0,75 \cdot A_b > T$$

## 6. Tegangan geser gaya geser :

Gaya geser yang diterima 1 baut :

$$V_{baut} = \frac{V_u}{n} \leq \phi R_n$$

Tegangan geser yang diterima 1 baut :

$$f_{uv} = \frac{V_{baut}}{A_{baut}} \leq f_v \text{ baut}$$

## 7. Kontrol kombinasi geser dan tarik :

$$V_u < V_d (= \phi V_n) \quad (SNI 03-1729-2002, Hal.102.PS.13.2.3.1)$$

$$\text{Dimana : } V_d = \phi V_n = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$\phi = 1$  untuk lubang standart.

$\mu =$  koefisien gesek = 0,25

$m =$  jumlah bidang geser

$T_b =$  gaya tarik baut minimum

Kombinasi geser dan tarik pada sambungan tipe friksi :

(SNI 03-1729-2002, Hal.103.Ps.13.2.3.3)

$$V_d = \phi \cdot V_n \cdot \left[ 1 - \frac{T_u}{1,13 \cdot T_b} \right] \geq V_u$$

Dimana :  $T_u =$  gaya tarik terfaktor

$T_b =$  gaya tarik baut minimum

#### **D. Perencanaan pelat ujung :**

Gaya yang bekerja pada pelat ujung bagian flans balok :

$$T_u = \frac{M_u}{0,95 \cdot h_b}$$

Dimana :  $M_u =$  momen lentur perlu

$h_b =$  tinggi bersih badan baja profil

Effective span :

$$P_e = P_f - \left( \frac{d_b}{4} \right) - 0,707 \cdot w$$

Dimana :  $P_f =$  jarak antar garis tengah baut ke permukaan didekat sayap

tarik.  $d_b + \frac{1}{2}$  “.

$w =$  lebar las fillet

$d_b =$  diameter baut.

Tebal pelat ujung :

$$t_p = \sqrt{\frac{4 \cdot M_e}{b_s \cdot 0,9 \cdot F_y}}$$

#### E. Perencanaan las pada sambungan pelat ujung

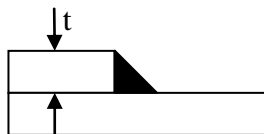
Ukuran las minimum tergantung pada ketebalan logam dasar yang akan dilas. Untuk jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini ;

Tabel 2.2. Ukuran luas minimum las fillet dan leher efektif minimum untuk las groove penetrasi sambungan

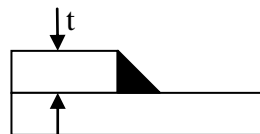
Ketebalan logam dasar (T), bagian yang lebih tebal <sup>4</sup> yang disambungkan				Ukuran minimum <sup>1</sup> las fillet		Leher efektif minimum (t <sub>e</sub> ) untuk las groove penetrasi parsial	
(inch)		(mm)		(inch)	(mm)	(inch)	(mm)
1/8	< T < 3/16	3.2	< T < 4.8	1/8 <sup>2</sup>	3 <sup>3</sup>	1/16	2
3/16	< T < 1/4	4.8	< T < 6.4	1/8 <sup>2</sup>	3	3/8	3
1/4	< T < 1/2	6.4	< T < 12.7	3/16	5	3/16	5
1/2	< T < 3/4	12.7	< T < 19.0	1/4	6	1/4	6
3/4	< T < 1 1/2	19.0	< T < 38.1	5/16	8	5/16	8
1 1/2	< T < 2 1/4	38.1	< T < 57.1	5/16	8	3/8	10
2 1/4	< T < 6	57.1	< T < 152	5/16	8	1/2	13
6	< T	152	< T	5/16	8	5/8	16

Ukuran las maksimum :

$$t < 1/4'' (6.4 \text{ mm}) \alpha \text{ maks} =$$



$$t > 1/4'' (6.4 \text{ mm}) \alpha \text{ maks} = t - 1/6'' (1.6$$



Gambar 2.14.5 Ukuran Las Maksimum

**1. Kekuatan desain las fillet :**

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \cdot t_e \quad (SNI\ 03-1729-2002, Hal.110.Ps.13.5.4.2)$$

Dimana :

$t_e$  = 0,64 cm, adalah tebal rencana las.

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las.

**2. Panjang las maksimum :**

$$\text{Panjang las (Lw)} = (2 \cdot b_b) + (2 (b_b - t_{wb})) + (2 (h_b - 2 \cdot t_{fb}))$$

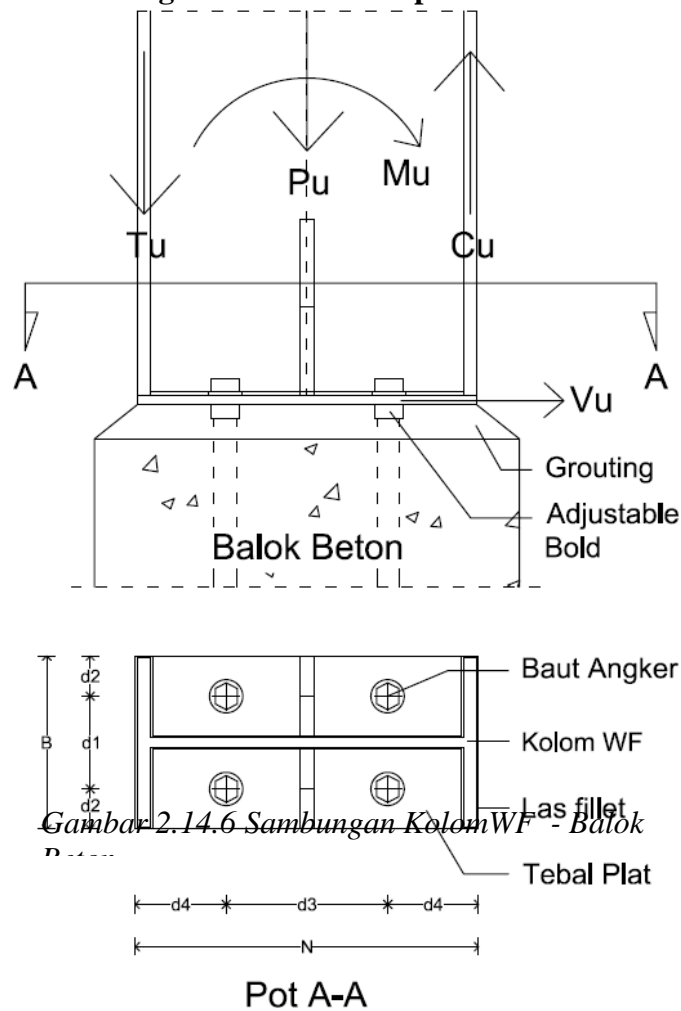
**3. Kekuatan yang diberikan oleh fillet :**

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot M_p$$

$$T_{u\ maks} = \frac{\phi \cdot M_u}{h_b - t_{fb}}$$

$$T_{las} = Lw \cdot \phi R_{nw} > T_{u\ maks}$$

### 2.14.2 Teori Sambungan Pada Titil Simpul



Gambar 2.14.6 Sambungan Kolom WF - Balok

Keterangan :

- $M_u$  = Momen ultimate, momen akibat pembebanan terfaktor
- $T_u$  = Gaya tarik ultimate pada flens balok akibat momen ultimate
- $C_u$  = Gaya tekan ultimate pada flens balok akibat momen ultimate
- $P_u$  = Gaya tekan ultimate yang terjadi pada kolom
- $V_u$  = Gaya geser ultimate yang terjadi pada pelat ujung
- $B$  = Lebar pelat ujung
- $N$  = Panjang pelat ujung
- $d_1$  = Jarak antar baut arah B

$d_2$  = Jarak baut tepi arah B

$d_3$  = Jarak antar baut arah N

$d_4$  = Jarak baut tepi arah N

#### A. Penentuan dimensi pelat dasar

$$P_u \leq \phi \cdot P_p$$

$$P_u \leq \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_l)$$

$$A_l \geq \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c}$$

Asumsikan dimensi plat

$$A_l = B \cdot N$$

Dengan :  $A_l$  = Luas pelat

$B$  = Lebar pelat

$N$  = Panjang pelat

#### B. Tebal pelat dasar

$$m = 0,5 (N - 0,95 d)$$

$$n = 0,5 (B - 0,8 b_r)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{2 \cdot p_u \cdot m^2}{B \cdot N \cdot 0,9 f_y}} \text{ atau } t_p = \sqrt{\frac{2 \cdot p_u \cdot n^2}{B \cdot N \cdot 0,9 f_y}}$$

Tergantung mana yang lebih besar, m atau n

#### C. Perencanaan baut angker

Tegangan yang terjadi

$$f_p = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S}$$

$$f_{pmax} = \frac{P}{A} + \frac{M}{S} \text{ (tegangan tekan); } f_{pmin} = \frac{P}{A} - \frac{M}{S} \text{ (tegangan tarik)}$$

Yang diperhitungkan adalah gaya angker akibat tarik

$$T_u = 1/2 f_{pmin} \cdot B$$

Jumlah jarak yang diperlukan

$$n = \frac{A}{A_{Baut}}$$

Dengan :

$$A = \frac{T_u}{\phi \cdot 0,75 \cdot f_y}$$

A = luas penampang angker yang diperlukan untuk menahan gaya tarik

#### **D. Kontrol kekuatan geser**

$$R_n = \phi (0,6F_u^b)m \cdot A_b$$

Dengan :  $\phi$  = 0,65 faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$F_u^b$  = kekuatan tarik bahan baut (120 Ksi untuk baut mutu A235)

m = jumlah bidang geser (irisan tunggal =1)

$A_b$  = luas penampang bruto penampang baut

$$R_{n\ total} = R_n \cdot N_{baut} > V_u$$

$V_u$  = gaya lintang ( geser ) ultimate

#### **E. Jarak baut angker**

Jarak baut tepi arah B :  $1,5 d < S_1 < 12 t_p$  atau 15 cm

Jarak baut tepi arah N :  $1,5 d < S_1 < 12 t_p$  atau 15 cm

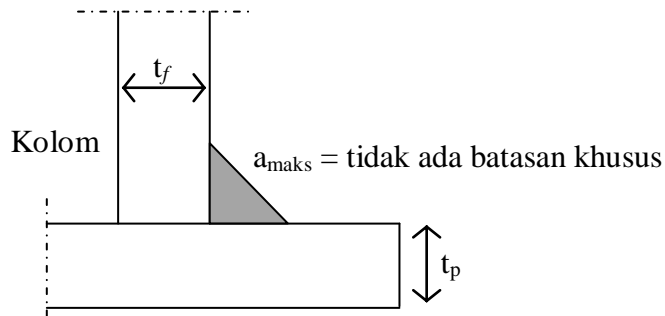
Jarak antar baut arah B :  $2,5 d < S_2 < 15 t_p$  atau 20 cm

Jarak antar baut arah N :  $2,5 d < S_2 < 15 t_p$  atau 20 cm

(  $t_p$  adalah tertipis dalam sambungan )

## F. Perencanaan las pada sambungan pelat dasar

Dalam kasus seperti gambar dibawah ini tidak ada khusus untuk ketebalan las maksimum.



### Keterangan

$T_f$  = tebal flens

$T_p$  = tebal pelat

Gambar 2.14.7 Sambungan Las – Tebal Las

Ketentuan dasar yang diberikan oleh las fillet

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan,

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_f (0,6 f_{uw}) (\text{las})$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_f (0,6 f_u) (\text{bahan dasar})$$

dengan  $\phi = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

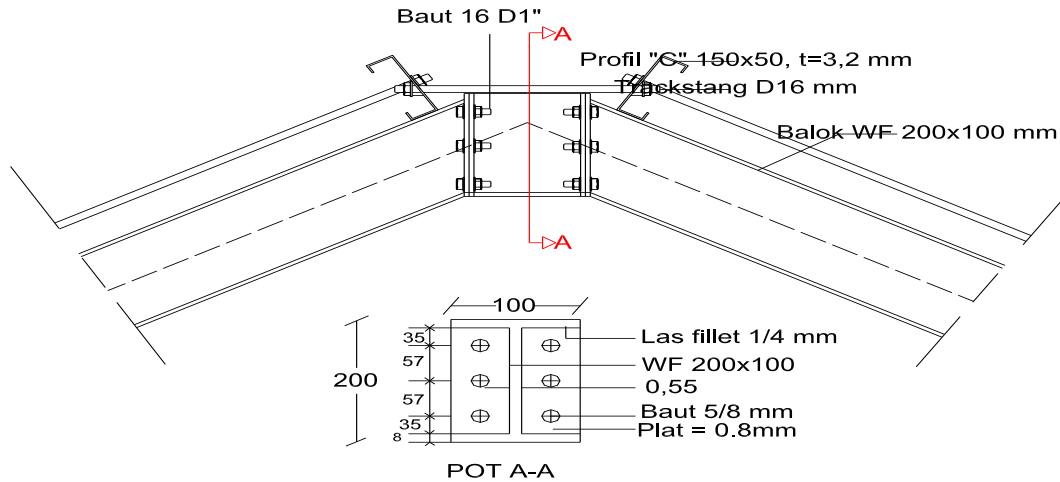
$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las, MPa

$f_u$  = tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

$t_f$  = tebal rencana las, mm



### 2.14.3 Teori Sambungan Balok – Balok



Gambar 2.14.8 Sambungan Balok – Balok

**Keterangan:**

$M_u$  = Momen ultimate, momen akibat pembebanan terfaktor

$T_u$  = Gaya tarik ultimate pada flens balok akibat momen ultimate

$C_u$  = Gaya tekan ultimate pada flens balok akibat momen ultimate

$R_u$  = Gaya tarik ultimate yang terjadi pada plat ujung

$V_u$  = Gaya geser ultimate yang terjadi pada plat ujung

$b$  = Lebar penampang profil balok

$h$  = Tinggi penampang profil balok

## BAB III

### PERHITUNGAN KOSTRUKSI

#### 3.1. Data Perencanaan

Luas : 1725 m<sup>2</sup>

KemiringanAtap :  $\alpha = 18^\circ$

PenutupAtap : Genteng Beton ( berat = 50 kg/m<sup>2</sup>)

Tek.AnginRencana : 25 kg/m<sup>2</sup>

Jenis Baja : Bj 37

TeganganLeleh :  $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

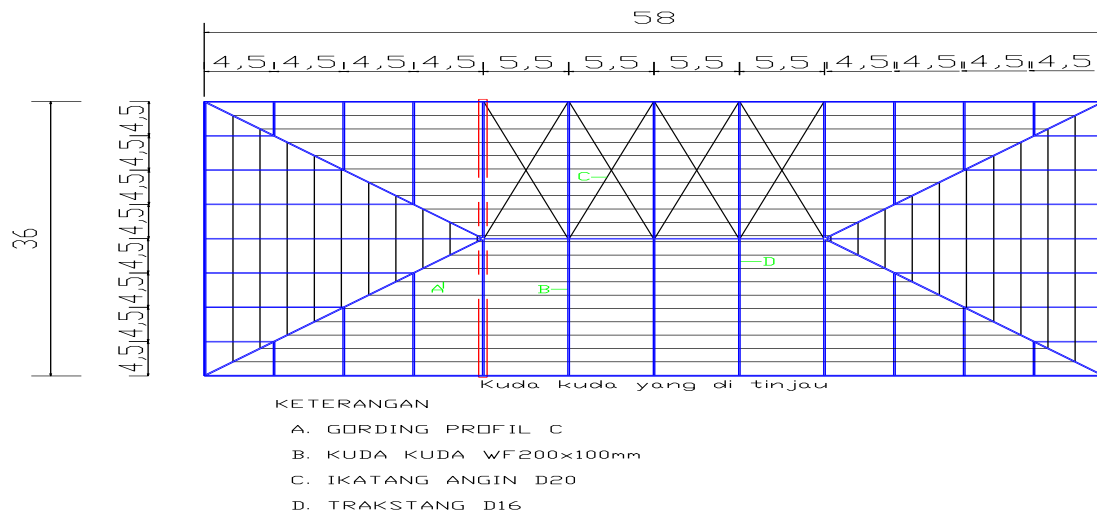
TipeProfil : WF ( Wide Flange )

Gording : C<sub>150x50x20x3,2</sub> ( Light Lip Channels )

### 3.2.Perhitungan Pembebanan

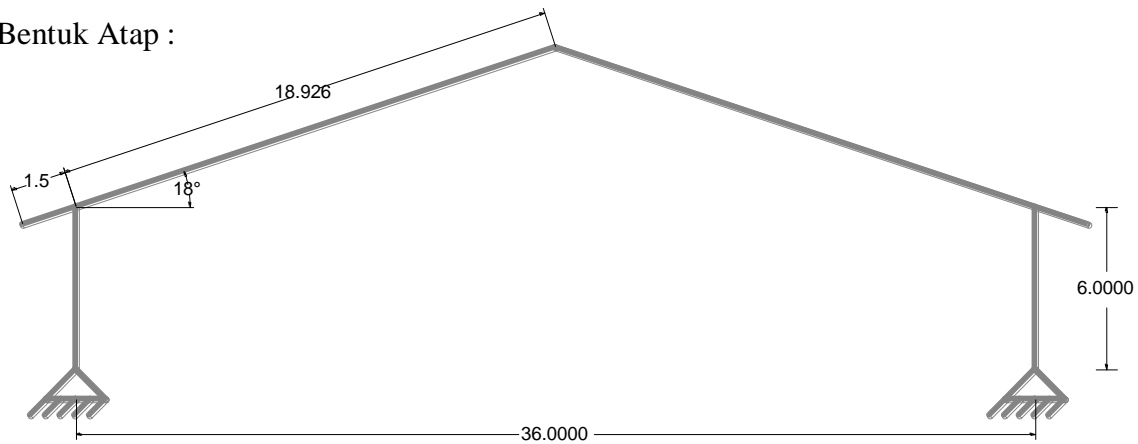
Perhitungan luas penampang yang ditinjau

Tampak Atas



Gambar 3.1.Perletakkan kuda kuda

Bentuk Atap :

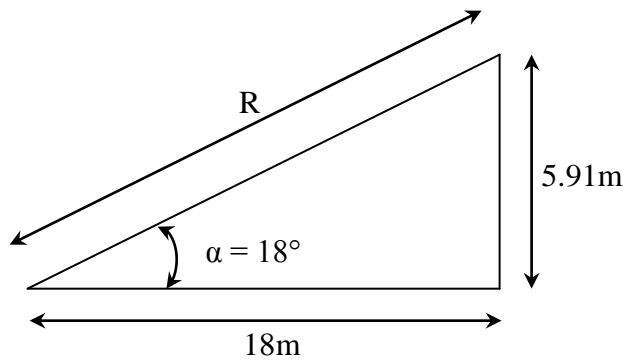


*Gambar 3.2 Kuda-kuda Baja WF*

Menghitung panjang balok :

Untuk kemiringan atap  $\alpha = 18^\circ$

Oversteak = 1,5 m



$$R = \frac{18}{\cos 18} = 18.926\text{m}$$

$$\text{Jarak antar gording} = \frac{R}{n} = \frac{18.926}{18} = 1,0514\text{m}$$

Perhitungan Pembebanan ini dihitung menggunakan program STAAD Pro 2004.

### 3.2.1. Perhitungan Beban Mati

Berat genteng dengan reng dan kaso : 50 kg/m<sup>2</sup>

Berat gording C<sub>150x65x20x3,2</sub> : 7,51 kg/m

Di perhitungan Beban Mati pada struktur atap ini menggunakan perintah “Selfweight” pada program STAAD Pro 2004, yaitu : berat sendiri bahan – bahan yang ada pada struktur atap.

### 3.2.2. Perhitungan Beban Hidup

Beban ini adalah beban yang terdiri dari seorang yang bekerja beserta peralatanya, direncanakan sebesar 100 kg.

Pada perhitungan Beban Hidup ini, di asumsikan berat P = 100 kg, yang menggunakan perintah “Nodal Load” pada program STAAD Pro 2004, yaitu : beban P = 100 kg terpusatkan di tengah bentang gording.

### 3.2.3. Perhitungan Beban Angin

Tekanan angin direncanakan 25 kg/m<sup>2</sup>.

Perhitungan tekanan angin ini menggunakan program STAAD Pro 2004 3D, yang menggunakan perintah “Plate Load” yang ditinjau dari 4 sisi, yaitu : Angin Timur, Barat, Selatan dan Utara.

Angin Tekan :

$$\begin{aligned}C &= (0,02 \times \alpha) - 0,4 \\&= (0,02 \times 18) - 0,4 \\&= -0,04\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W1 &= C \times P \times d \times L \\&= -0,04 \times 25 \times 1.0514 \times 4.5 \\&= 4.7313\end{aligned}$$

Angin Hisap :

$$\begin{aligned}C &= -0,4 \\W2 &= C \times P \times d \times L \\&= -0,4 \times 25 \times 1.0514 \times 4.5 \\&= -47.313\end{aligned}$$

Dimana : P = tekanan angin  
d = jarak antar gording  
L = jarak antar kuda-kuda

Tabel 3.1 untuk menentukan “Plate Load”:

Arah Angin	Tekan	Hisap
Timur - Barat	4.7313	-47.313
Barat - Timur	-4.7313	47.313
Selatan - Utara	4.7313	-47.313
Utara -Selatan	-4.7313	47.313

### 3.2.4. Kombinasi Pembebanan

Struktur baja yang direncanakan harus mampu memikul beban kombinasi.

Kombinasi pembebanan antara lain :

$1,4 D$   
 $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$   
 $1,2 D + 1,6 L (La \text{ atau } H) + (0,5 L \text{ atau } 0,8 W)$   
 $1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$   
 $1,2 D + 1,0 E + 0,5 L$   
 $0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$

Dimana :  $D$  = beban mati                       $L$  = beban hidup  
 $La$  = beban hidup atap                       $H$  = beban hujan  
 $W$  = beban angin                       $E$  = beban gempa

Dari kombinasi beban tersebut, diambil kombinasi pembebanan untuk perhitungan konstruksi atap, yaitu :

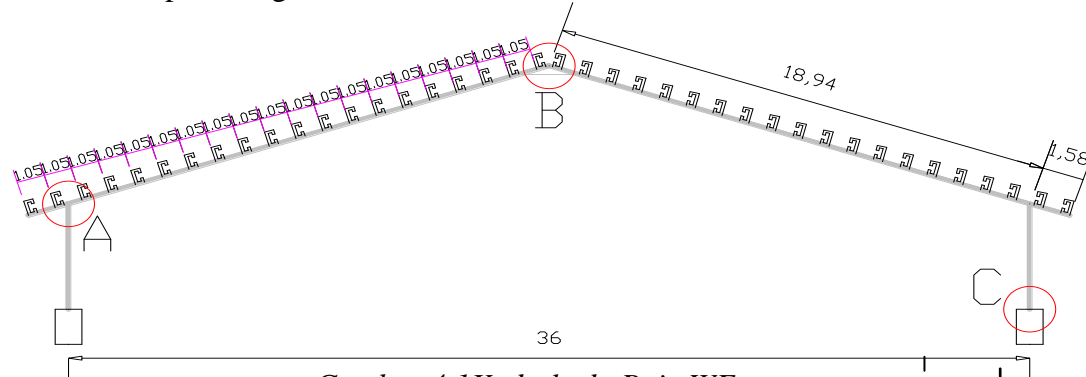
$1,4 D$   
 $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$   
 $1,2 D + 1,6 L (La \text{ atau } H) + (0,5 L \text{ atau } 0,8 W)$   
 $1,2 D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$   
 $0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$

## BAB IV

### PERENCANAAN BALOK WF & SAMBUNGAN

#### 4.1. Desain Balok WF

Dalam struktur atap ini, rata-rata memiliki bentuk dasar yang sama. Sebagai contoh dalam perhitungan, diambil salah satu kuda – kuda.



Gambar 4.1 Kuda-kuda Baja WF

Data Profil WF : 200X100

Panjang batang =  $L = 18.96 \text{ m}$

$b = 10 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$t_f = 0,8 \text{ cm}$

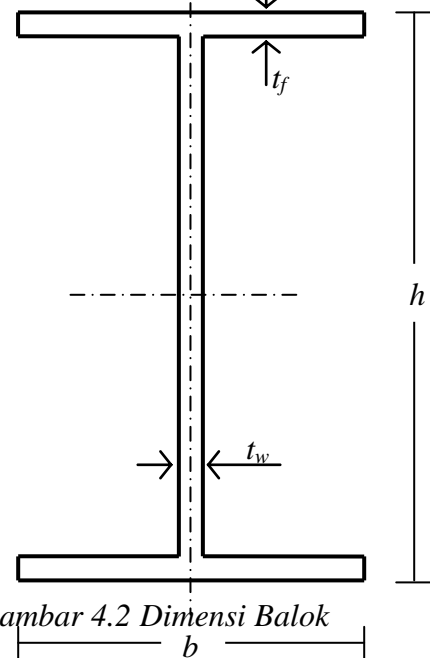
$t_w = 0,55 \text{ cm}$

$r = 1,1 \text{ cm}$

$A = 27,16 \text{ cm}^2$

$I_x = 1840 \text{ cm}^4$

$I_y = 134 \text{ cm}^4$



Gambar 4.2 Dimensi Balok

##### 4.1.1. Stabilitas Terhadap Tekuk Lokal

Suatu penampang harus memiliki kestabilan dalam menghadapi kemungkinan tekuk lokal. Kemampuan suatu balok harus stabilitas tergantung pada ukuran kelangsingan masing-masing elemen pelatnya.

Batasan kelangsingan pelat sayap dan badan dalam stabilitas terhadap tekuk lokal :

$$\lambda_{pf} = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda_{pw} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

*Kelangsingan pelat sayap dan badan W20x10-1/2"*

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{10}{(0,8 \times 2)} = 6,25 < \lambda_{pf} \text{ (penampang kompak)}$$

$$\lambda_w = \frac{h_w}{t_w} = \frac{(20 - 2 \times 0,8)}{0,55} = 33,45 < \lambda_{pw} \text{ (penampang kompak)}$$

#### 4.1.2. Stabilitas Terhadap Tekuk Lateral

Suatu penampang harus memiliki kestabilan dalam menghadapi kemungkinan tekuk lateral. Stabilitas tekuk lateral tergantung pada panjang bentang dimensi batang. Apabila penampang balok tidak memenuhi syarat, maka alternatif untuk mengatasinya yaitu dengan memperbesar penampang atau pemberian pengeang lateral dengan jarak tertentu.

*Batasan bentang diijinkan dalam stabilitas terhadap tekuk lateral:*

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{E I_y}{A f_y}} = 1,76 \sqrt{\frac{2,10E+06 \times 134}{27,16 \times 2400}} = 115,64 \text{ cm}$$

Jarak pengeang lateral (L) = 105,44 cm < L<sub>p</sub>

Jarak pengeang lateral cukup dalam menopang stabilitas balok terhadap tekuk lateral

#### 4.1.3. Kapasitas Momen Nominal

Dalam desain plastis, kapasitas momen yang diperhitungan adalah kapasitas momen plastis, sehingga kita menggunakan modulus plastisitas penampang. Berdasarkan perhitungan stabilitas baik terhadap tekuk lokal maupun lateral, penampang memenuhi untuk dihitung secara plastis.

**Modulus plastis:**

$$\begin{aligned} Z_x &= (b \times t_f) \times (h - t_f) + (t_w \times (h/2 - t_f)^2) \\ &= (10 \times 0,8) \times (20 - 0,8) + (0,55 \times (20/2 - 0,8)^2) \\ &= 200,152 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_y &= b \times (b/2 \times t_f) + t_w^2 \times (h - 2 t_f) \\ &= 10 \times (10/2 \times 0,8) + 0,55^2 \times (20 - 2 \times 0,8) \\ &= 45,566 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



**Momen ultimate :**

$$M_{u_x} = 24252.44 \text{ kgcm} \quad (\text{lihat pda lampiran 2})$$

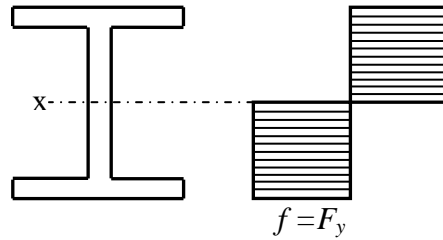
$$M_{u_y} = 130.65 \text{ kgcm} \quad (\text{lihat pda lampiran 2})$$

(diambil dari hasil perhitungan STAAD Pro, (kombinasi 1) pembebanan 8)

**Gaya geser maksimum :**

$$V_u = 6973.58 \text{ kg} \quad (\text{lihat pda lampiran 1})$$

(diambil dari hasil perhitungan STAAD Pro, (kombinasi 1) pembebanan 8)



Gambar 4.3 Distribusi Tegangan pada Pembebanan

**Kontrol kapasitas momen nominal penampang**

$$M_{u_x} \leq \phi M_{n_x}$$

$$24252.44 \leq \phi M_p$$

$$2425.44 \leq 0,9 \times F_y \times Z_x$$

$$24252.44 \leq 0,9 \times 2400 \times 200,152$$

$$24252.44 \leq 432328,32 \dots \text{OK}$$

$$M_{u_y} \leq \phi M_{n_y}$$

$$130.65 \leq \phi M_p$$

$$130.65 \leq 0,9 \times F_y \times Z_y$$

$$130.65 \leq 0,9 \times 2400 \times 45,566$$

$$130.65 \leq 98422,56 \dots \text{OK}$$

Penampang balok mampu menahan momen ultimate

**4.1.4. Kapasitas Geser Nominal**

Suatu komponen lentur mengakibatkan munculnya gaya geser, pelat badan merupakan elemen utama dalam memikul gaya geser pada penampang profil WF. Kekuatan geser  $V_n$  dari penampang didasarkan pada leleh geser keseluruhan tersebut.

***Rasio kerampingan terhadap tekuk pada badan akibat geser***

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{kn \cdot E}{f_y}} = \frac{20}{0,55} \leq 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2,1E+06}{2400}} = 36,36 \leq 72,76$$

karena memenuhi syarat maka  $V_n = 0,6 F_y A_w$

***Kapasitas geser penampang***

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \times (0,55 \times 33,45) \\ &= 26496 \text{ kg} \end{aligned}$$

***Kontrol kapasitas geser penampang***

$$\begin{aligned} V_u &= 6973.58 \text{ kg} \\ V_u &< \phi V_n \\ 6973.58 \text{ kg} &< 0,9 \times 26496 \\ 6973.58 \text{ kg} &< 23846,40 \text{ kg, penampang mampu menahan gaya geser ultimate.} \end{aligned}$$

**4.1.5. Stabilitas Terhadap Gaya Tekan Tumpu**

Pemberian beban terpusat pada balok memungkinkan terjadinya perubahan bentuk pada balok, dalam kasus ini dijinjau dari tiga kategori :

- a. Lentur pelat sayap**
- b. Pelelehan lokal badan**
- c. Pelipatan badan**

Masing-masing kategori diatas memiliki kuat tumpu nominal pelat badan ( $R_b$ ) yang berbeda-beda. Gaya tumpu pelat pada badan memenuhi :  $R_u \leq \phi R_n$ . Dari ketiga kategori diambil nilai  $R_b$  terkecil.

**a. Lentur pelat sayap**

$$\begin{aligned} R_b &= 6,25 \times t_f^2 \times f_y \\ R_b &= 6,25 \times 0,8^2 \times 2400 \\ R_b &= 9600 \text{ kg} \end{aligned}$$

**b. Pelelehan lokal badan akibat beban terpusat saja.**

Nilai n diambil dari lebar gording CS 150x50 sebagai landasan beban terpusat, sebesar 5 cm.

$$R_b = (2,5 k + N) t_f t_w$$

$$R_b = (2,5 \times (0,8 + 1,1) + 5) \times 2400 \times 0,55$$

$$R_b = 12870 \text{ kg}$$

**c. Pelipatan badan**

$$\begin{aligned} R_b &= 0,39 \cdot t_w^2 \cdot \left[ 1 + 3 \left( \frac{N}{d} \right) \left( \frac{t_w}{t_f} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{E \cdot f_y \cdot t_f}{t_w}} \\ &= 0,39 \cdot 0,55^2 \cdot \left[ 1 + 3 \left( \frac{7}{20} \right) \left( \frac{0,55}{0,8} \right)^{1,5} \right] \sqrt{\frac{2100000 \cdot 240 \cdot 0,8}{0,55}} \\ &= 14419,67 \text{ kg} \end{aligned}$$

***Kontrol kapasitas penampang terhadap gaya tumpu***

Nilai gaya tumpu perlu ( $R_u$ ) diambil dari hasilprogram STAAD Pro 2004.

$$R_u = 6168.34 \text{ kg} \quad (\text{lihat pda lampiran 4})$$

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

$$6168.34 \text{ kg} \leq 0,9 \times 14419,67$$

$$6168.34 \text{ kg} \leq 12977,7 \text{ kg}$$

Penampang tidak mengalami perubahan bentuk akibat gaya tumpu

**4.1.6. Stabilitas Terhadap Aksi Medan Tarik**

*Jarak rencana antar pengaku = 1898 cm*

$$\text{Jika } \frac{h}{t_w} \leq 260$$

$$\text{Tinggi pengaku} = h_b - 2 \cdot t_f = 20 - (2 \cdot 0,8) = 18,4 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat : } \frac{a}{h} \leq \left( \frac{260}{h/t_w} \right)^2 \leq 3,0 = \frac{1896}{18,4} \leq \left( \frac{260}{18,4/0,55} \right)^2 \leq 3,0 = 42 \leq 60,40 \geq 3,0$$

Karena persamaan diatas tidak dipenuhi maka aksi medan tarik tidak perlu dihitung.

- Kuat tekuk geser elasto-plastis :

Kuat tekuk geser elasto-plastis pelat badan adalah :

$$C_v = 1,10 \cdot \frac{\sqrt{K_n \cdot E / f_y}}{(h/t_w)} = 1,10 \cdot \frac{\sqrt{5 \cdot 2100000 / 2400}}{(18,4/0,55)} = 2,17$$

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15 \cdot \sqrt{(1 + (a/h)^2)}} \right]$$

$$= 0,06 \cdot 2400 \cdot (0,55 \cdot 33,45) \cdot \left[ 2,17 + \frac{(1-2,17)}{1,15 \cdot \sqrt{(1+(665/18,4)^2)}} \right]$$

$$= 56803$$

$$V_n \leq C_v \cdot (0,6 \cdot f_y) \cdot A_w$$

$$56803 \leq 2,17 \cdot (0,6 \cdot 2400) \cdot (0,55 \cdot 33,45)$$

$$56803 \leq 57617$$

- Kuat tekuk geser elastik :

Kuat tekuk geser elastic adalah

$$C_v = 1,5 \cdot \frac{K_n \cdot E}{f_y} \cdot \frac{1}{(h/t_w)^2}$$

$$= 1,5 \cdot \frac{5 \cdot 2100000}{24000} \cdot \frac{1}{(18,4/0,55)^2} = 5,86$$

$$V_n = 0,06 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ C_v + \frac{(1 - C_v)}{1,15 \cdot \sqrt{(1 + (a/h)^2)}} \right]$$

$$= 0,06 \cdot 2400 \cdot (0,55 \cdot 33,45) \cdot \left[ 5,86 + \frac{(1-5,86)}{1,15 \cdot \sqrt{(1+(665/18,4)^2)}} \right]$$

$$= 151971$$

$$V_n \leq C_v \cdot (0,6 \cdot f_y) \cdot A_w$$

$$151971 \leq 5,86 \cdot (0,6 \cdot 2400) \cdot (0,55 \cdot 33,45)$$

$$151971 \leq 155360$$

#### 4.1.7. Kekuatan Terhadap Interaksi Geser dan Lentur

Interaksi geser dan lentur dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{24252.44}{432328,32} + 0,625 \frac{6973.58}{23846,40} \leq 1,375$$

$$0,238 \leq 1,375 \text{ ...OK}$$

Penampang mampu menahan gaya akibat kombinasi geser dan lentur.

#### 4.1.8. Kontrol Lendutan

*Defleksi yang diizinkan terjadi*

$$\Delta_{izin} = \frac{L}{240} = \frac{1896}{240} = 7.6 \text{ cm}$$

*Deflaksi yang terjadi pada pertengahan bentang*

$$\Delta \text{ pertengahan bentang} = \frac{5 \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_g} \cdot (M_s - 0,1 \cdot (M_a + M_b))$$

Dengan :

L	= panjang bentang	=	1896cm
E	= Modulus Elastisitas	=	2100000 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>g</sub>	= Momen Inersia	=	1840 cm <sup>4</sup>
M <sub>s</sub>	= Momen Lapangan	=	12592.10 kgcm (lihat lampiran 7)
M <sub>a</sub>	= Momen Tumpuan	=	254125.94 kgcm (lihat lampiran 5)
M <sub>b</sub>	= Momen Tumpuan	=	20374.37 kgcm (lihat lampiran 6)

$$\Delta = \frac{5 \cdot 1896^2}{48 \cdot 2100000 \cdot 1840} \cdot (12592.10 - 0,1 \cdot (254125.94 + 20374.37))$$

$$\Delta = 1,26 \text{ cm} < \Delta_{izin} = 2,77 \text{ cm...OK}$$

#### 4.2. Kolom Baja (WF)

Desain kolom yang menggunakan profil baja WF (profil balok) adalah balok WF yang berperilaku sebagai kolom yang menerima beban aksial dan gaya momen, dengan kata lain balok WF tadi ditempatkan sebagai kolom dalam kondisi struktural

Profil WF = 200x100x5,5

Tinggi kolom: L = 6 m = 600cm

Gaya tekan akibat beban terfaktor:  $N_u = 1950.62 \text{ kg}$  (lihat lampiran 3)

#### 4.2.1. Batas Kelangsingan Penampang

<p><b>Flens</b> <math>\frac{b/2}{t_f} = \frac{100/2}{8} = 6,25</math></p> <p><math>\frac{250}{\sqrt{f_c}} = \frac{250}{\sqrt{240}} = 16,14</math></p> <p><math>\frac{b/2}{t_f} &lt; \lambda_r \dots \text{OK}</math></p>	<p><b>Web</b> <math>\frac{h}{t_w} = \frac{200}{5,5} = 36,36</math></p> <p><math>\frac{665}{\sqrt{f_c}} = \frac{665}{\sqrt{240}} = 42,92</math></p> <p><math>\frac{h}{t_w} &lt; \lambda_r \dots \text{OK}</math></p>
--	---

Kondisi tumpuan sendi-send,  $k = 1.0$

**Arah sumbu kuat(sumbu x) :**

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_x}{r_x} = \frac{1.0 \cdot 6000}{8,24} = 582.524$$

$$\lambda_x = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{582.524}{3,14} \sqrt{\frac{240}{2100000}} = 0,26$$

$$0,25 < 0,26 < 1,2 \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,26} = 1$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 271,6 \cdot \frac{240}{1} = 65184$$

**Arah sumbu lemah (sumbu y) :**

$$\lambda_x = \frac{k \cdot L_y}{r_y} = \frac{1.0 \cdot 6000}{2,22} = 2702.70$$

$$\lambda_x = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2702.70}{3,14} \sqrt{\frac{240}{2100000}} = 0,98$$

$$0,25 < 0,98 < 1,2 \text{ maka } \omega_x = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,98} = 1,52$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega_x} = 271,6 \cdot \frac{240}{1,52} = 42884.21 \text{ kg}$$

#### 4.2.2. Perencanaan Akibat Gaya Tekan

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor  $N_u$ , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut

Nilai :  $N_u = 1950.62 \text{ kg}$

$\phi_n = 0,85$  (faktor reduksi dari tabel 6.4-2 SNI 03-1729-2002)

$N_n = 64857 \text{ kg}$

$$N_u \leq \phi_n N_n$$

$$1950.62 \leq 0,85 \cdot 64857$$

$$1950.62 \text{ kg} \leq 55128,53 \text{ kg}$$

#### 4.2.3. Persamaan Interaksi Aksial–Momen

Dalam segala hal salah satu dari dua persamaan interaksi aksial momen berikut ini harus dipenuhi oleh setiap komponen struktur prismatic simetris ganda dan simetris tunggal

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi \cdot N_n} < 0,2 : \frac{N_u}{2 \cdot \phi \cdot N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{Untuk } 0,073 < 0,2 : \frac{1950.62}{2 \cdot 0,9 \cdot 64857} + \left( \frac{242552.44}{0,9 \cdot 432328,32} + \frac{130.65}{0,9 \cdot 98422,56} \right) \leq 1,0$$

$$0,073 < 0,2 : 0,65 \leq 1,0$$

### 4.3. Gording

#### 4.3.1 Idealisasi Struktur

- Teori yang digunakan

Gording dianggap sebagai balok diatas dua perletakkan sendi pada balok WF dalam arah tegak lurus bidang atap. Gording memikul beban gravitasi yang menerima gaya normal tekan akibat beban angin, beban atap dan beban sendiri gording.

- Data perencanaan pada gording:

Jarak antar kuda-kuda = 450 cm = 4.5 m.

Jarak gording = 105.44cm = 1.0544 m.

Dimensi goding = C<sub>150x50x20x3,2</sub> (*Light Lip Channels*).

Perhitungan gording pada struktur atap ini menggunakan Program Bantu STAAD Pro 2004, maka dimensi gording yang digunakan ini di coba-coba sampai **Pass** (tidak ada **Fail**) dan untuk menghemat secara ekonomis **Stress Ratio** pada gording mendekati nilai 1,0. Letak penampang gording pada balok WF harus di putar mengikuti kemiringan atap dengan cara menggunakan perintah "**Beta Angle**", dan gording dianggap sebagai tumpuan menerus, pada kedua ujung gording harus di "**Release**", jadi momen yang terjadi pada gording sama dengan nol (pada tumpuan yang di release) dan gaya yang bekerja pada gording hanya momen dan gaya lintang (di lapangan).

- Beban yang bekerja pada gording:

**BebanMati :**

- Beban mati ini menggunakan perintah **“Selfweight”** -1, pada Program Bantu STAAD Pro 2004, yaitu: berat sendiri elemen konstruksi (gording) dianggap 100% (1kali), minus menunjukan arah gravitasi yang berlawanan dengan arah sumbu global.

**BebanHidup :**

1. Beban hidup orang bekerja  $P = 100 \text{ kg}$ . Menggunakan perintah **“Nodal Load”** pada sumbu global  $F_y = -100 \text{ kg}$ . Ditinjau dari dua keadaan:
  - Bekerja 1 orang di tengah-tengah bentang.
  - Bekerja 2 orang bersebelahan di tengah-tengah bentang.
 Dari kedua hasilnya di ambil momen maksimum yang terbesar pada bentang.

**BebanHujan :**

Ketebalan air hujan pada atap sebesar 5 cm dengan beban terbagi rata menggunakan perintah **“Plate Load”** dengan modelisasi sebagai **“meshing plate”** pada sumbu Global  $Y = W_1 = -0,05 \text{ kg/m}^2$ .

**BebanAngin :**

Tekanan angin direncanakan  $25 \text{ kg/m}^2$ . Perhitungan tekanan angin ini menggunakan Program Bantu STAAD Pro 2004 arah 3D, yang menggunakan perintah **“Plate Load”** pada sumbu Local  $Z = W_1 = -5 \text{ dan } -10 \text{ kg/m}^2$ . yang ditinjau dari 4 sisi, yaitu : Angin Timur, Barat, Selatan dan Utara.

**Angin Tekan :**

$$\begin{aligned}
 C &= (0,02 \times \alpha) - 0,4 \\
 &= (0,02 \times 18) - 0,4 \\
 &= -0.04 \\
 W_1 &= C \times P \times d \times L \\
 &= -0.04 \times 25 \times 1.0514 \times 4.5 \\
 &= -4.7313
 \end{aligned}$$



**Angin Hisap :**

$$C = -0,4$$

$$\begin{aligned} W2 &= C \times P \times d \times L \\ &= -0,4 \times 25 \times 1.0514 \times 4.5 \\ &= -47.313 \end{aligned}$$

*Tabel 4.1 untuk nilai “Plate Load” pada sumbu Local Z, W1 :*

Arah Angin	Tekan (kg/m <sup>2</sup> )	Hisap (kg/m <sup>2</sup> )
Timur - Barat	4.7313	-47.313
Barat - Timur	-4.7313	47.313
Selatan - Utara	4.7313	-47.313
Utara -Selatan	-4.7313	47.313

**Kombinasi Pembebanan :**

Kombinasi pembebanan untuk perhitungan konstruksi atap ini menggunakan perintah “**Define Combinations**” isi nilai faktor sesuai dengan SNI 03-1729-2002, yaitu :

Kombinasi 1 = 1,4 mati

Kombinasi 2 = 1,2 mati + 1,6 hidup + 0,5 hujan

Kombinasi 3 = 1,2 mati + 1,6 hidup + 0,8 angin U-S

Kombinasi 4 = 1,2 mati + 1,6 hidup + 0,8 angin S-U

Kombinasi 5 = 1,2 mati + 1,6 hidup + 0,8 angin T-B

Kombinasi 6 = 1,2 mati + 1,6 hidup + 0,8 angin B-T

Kombinasi 7 = 1,2 mati + 1,3hidup + 0,5 angin U-S + 0,5 hujan

Kombinasi 8 = 1,2 mati + 1,3hidup + 0,5 angin S-U + 0,5 hujan

Kombinasi 9 = 1,2 mati + 1,3hidup + 0,5 angin T-B + 0,5 hujan

Kombinasi 10 = 1,2 mati + 1,3hidup + 0,5 angin B-T + 0,5 hujan

Kombinasi 11 = 0,9mati + 1,3angin U-S

Kombinasi 12 = 0,9mati + 1,3angin S-U

Kombinasi 13 = 0,9mati + 1,3angin T-B

Kombinasi 14 = 0,9mati + 1,3angin B-T

#### 4.4. Balok Tarik (Trackstang)

Trakstang berfungsi sebagai batang tarik yang berfungsi untuk memperkecil lendutan arah y. Perhitungan ini menggunakan Program bantu STAAD Pro 2004, yaitu : trackstang pada atap ini dimodelisasikan sebagai **“Tension Only”**(batang tarik). Karena penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen.

Perencanaan Trekstang ini menggunakan jenis besi bulat (besi beton) berukuran Ø 16 mm, panjang 164 cm, dengan TeganganLeleh( $f_y$ ) = 2800 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kontrol syarat diameter minimum:**

$$D > \frac{L}{500}$$

$$1,6 > \frac{164}{500}$$

$$1,6 \text{ cm} > 0,33 \text{ mm}$$

**Kontrol tegangan :**

$$P = \text{gaya aksial} = 23,44 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} A &= \text{Luas penampang bersih} = \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 0,6^2 \\ &= 1,13 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} \leq f_y \\ &= \frac{23,44}{1,13} \leq 2800 \end{aligned}$$

$$= 20,74 \text{ kg/cm}^2 \leq 2800 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.5. Ikatan Angin Atap

Perhitungan ini menggunakan Program bantu STAAD Pro 2004, yaitu Ikatan Angin pada atap ini dimodelisasikan sebagai **“Tension Only”** (batang tarik). Karena penampang yang kecil tidak memungkinkan untuk menerima gaya tekan atau momen.

Perencanaan Ikatan Angin ini menggunakan jenis besi bulat (besi beton) berukuran Ø20 mm, panjang 887 cm, dengan TeganganLeleh( $f_y$ ) = 2800 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kontrolsyarat diameter minimum:**

$$D > \frac{L}{500}$$

$$2 > \frac{887}{500}$$

$$2\text{cm} > 1,77 \text{ mm}$$

**Kontrol tegangan :**

$$P = \text{gaya aksial} = 140.93\text{kg} \quad (\text{lihat pada lampiran 5})$$

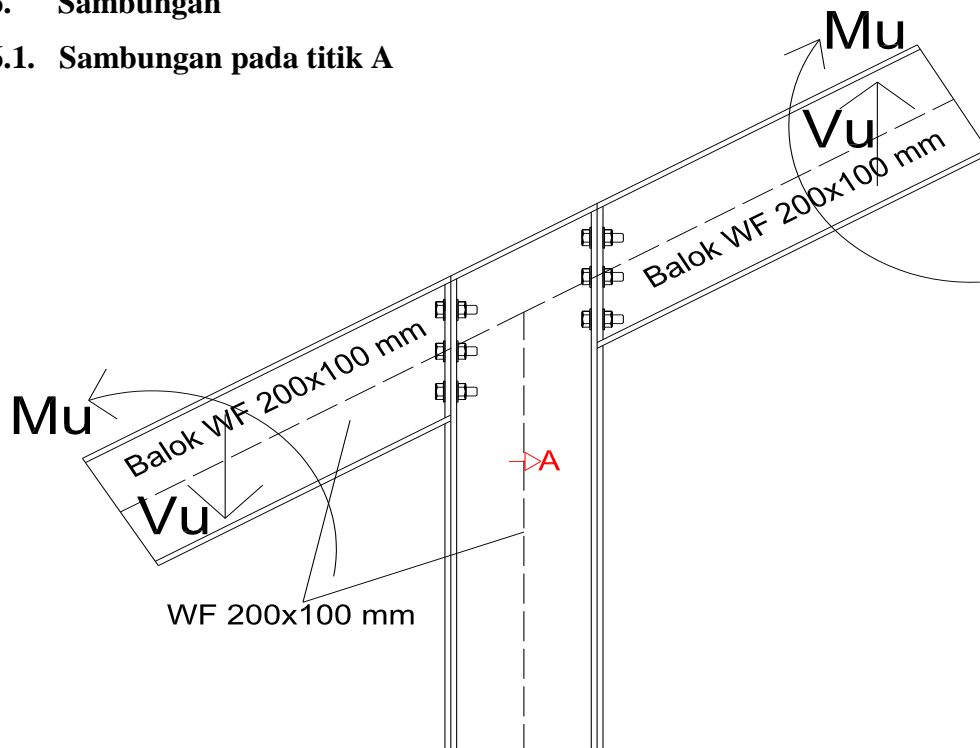
$$\begin{aligned} A = \text{Luas penampang bersih} &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \cdot 0,9^2 \\ &= 2,54 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma = \frac{P}{A} &\leq f_y \\ &= \frac{140.93}{2,54} \leq 2800 \end{aligned}$$

$$= 55.484 \text{ kg/cm}^2 \leq 2800 \text{ kg/cm}^2$$

**4.6. Sambungan**

**4.6.1. Sambungan pada titik A**



*Gambar 4.6.1 Sambungan Ujung Balok - Kolom*

Dari hasil perhitungan STAAD Pro 2004, diperoleh:

$$M_u = 25412.94 \text{ kgcm} \quad (\text{lihat pada lampiran 5-Ma})$$

$$V_u = 6973.58 \text{ kg} \quad (\text{lihat pada lampiran 1})$$

#### A. Kontrol daerah panel :

- Kuat geser nominal yang terjadi pada plat badan kolom

$$V_n = 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.46.PS.8.8.3})$$

$$= 0.6 \cdot 2400 \cdot 27.16 = 39110 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.9 \cdot 39110 = 35199 \text{ kg}$$

- Kuat geser daerah panel harus memenuhi syarat :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.45.PS.8.8.2})$$

$$6973.58 \text{ kg} \leq 35199 \text{ kg}$$

Karena persamaan diatas memenuhi maka daerah panel tidak perlu dipasang pengaku.

#### B. Perhitungan jumlah baut :

Data perencanaan : baut Ø5/8" = 1,588 cm

$$\text{Luas penampang baut} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1.588^2 = 1.98 \text{ cm}^2.$$

$$\begin{aligned} \text{Mutu baut A 325 dimana kekuatan tarik minimumnya (Fu}^b) \\ = 8274 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

##### a. Kuat geser nominal baut :

$$\phi R_n = \phi_f \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.100.PS.13.2.2.1})$$

Dimana :

$$r_l = 0.5 \text{ untuk baut tanpa ulir pada bidang geser.}$$

$$r_l = 0.4 \text{ untuk baut dengan ulir pada bidang geser.}$$

$$\phi_f = 0.75 \text{ adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur.}$$

$$f_u^b = \text{adalah tegangan tarik putus baut}$$

$$A_b = \text{adalah luas bruto penampang baut pada daerah berulir}$$

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 0.4 \cdot 8274 \cdot 1.98$$

$$= 4914.756 \text{ kg}$$

**b. Kekuatan nominal baut dalam tarik :**

$$\phi R_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (SNI\ 03-1729-2002, Hal.100.PS.13.2.2.1)$$

Dimana :

$\phi_f$  = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan saat fraktur.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8274 \cdot 1,98 \\ &= 9215,1675 \text{ kg}\end{aligned}$$

**c. Kuat nominal tumpu desain :**

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_{ut} \quad (SNI\ 03-1729-2002, Hal.101.PS.13.2.2.4)$$

Dimana :

$d_b$  = adalah diameter baut nominal pada daerah tak berulir.

$t_p$  = 0,8 cm tebal bagian yang disambung.

$f_{ut}$  = kekuatan tarik dari bahan plat ; 75 ksi = 5171,25 kg/cm<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 1,588 \cdot 0,8 \cdot 5171,25 \\ &= 11825 \text{ kg}\end{aligned}$$

**d. Jarak baut :**

*Jarak baut tepi*

$$1,5d \leq s \leq 3d$$

$$1,5 \cdot 1,588 \leq s \leq 3 \cdot 1,588$$

$$2,382 \text{ cm} \leq s \leq 4,764 \text{ cm, diambil } 3,5 \text{ cm}$$

*Jarak antar baut*

$$2,5d \leq s \leq 7d$$

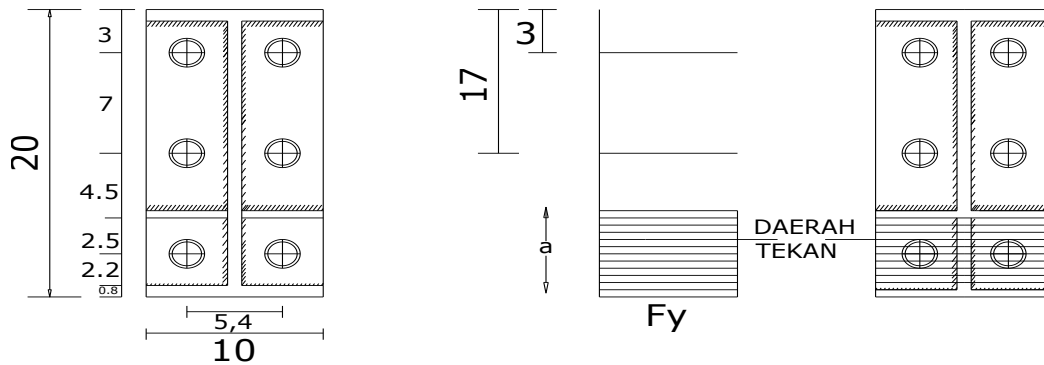
$$2,5 \cdot 1,588 \leq s \leq 7 \cdot 1,588$$

$$3,97 \text{ cm} \leq s \leq 11,116 \text{ cm, diambil } 5,7 \text{ cm}$$

Direncanakan jumlah baut untuk arah horizontal = 2 baut dan arah vetikal = 3 baut, dengan jumlah 6 baut.

e. Kontrol gaya tarik yang terjadi :

- Cara plastis



Gambar 4.7 Perletakan Baut Cara Plastis

Asumsi  $0 < a < 4,3 \text{ cm}$

$$d_1 = 4,3 \text{ cm}$$

$$d_2 = 10 \text{ cm}$$

$$d_3 = 15,7 \text{ cm}$$

- ❖ Digunakan baut  $\text{Ø}5/8'' = 1,588 \text{ cm}$ , Luas penampang baut =  $1,98 \text{ cm}^2$ .
- ❖ Mutu baut A325 dimana kekuatan tarik minimumnya  $(F_u^b) = 8274 \text{ kg/cm}^2$ .
- ❖  $n_1$  = jumlah baut dalam 1 baris = 2
- ❖  $n_2$  = jumlah baut dalam 1 kolom = 3

Asumsi  $0 < a < 4,3 \text{ cm}$

$$R_n = n_1 \cdot f_u^2 \cdot 0,75 \cdot A_b \quad (\text{SNI } 03-1729-2002, \text{ Hal.100.PS.13.2.2.1})$$

$$f_y \cdot a \cdot b = n_1 \cdot f_u^2 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_2$$

$$a = \frac{n_1 \cdot f_u^2 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_2}{f_y \cdot b}$$

$$a = \frac{2 \cdot 8274 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1,588^2 \cdot 3}{2400 \cdot 20}$$

$$= 1,536 \text{ cm} = 15,36 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

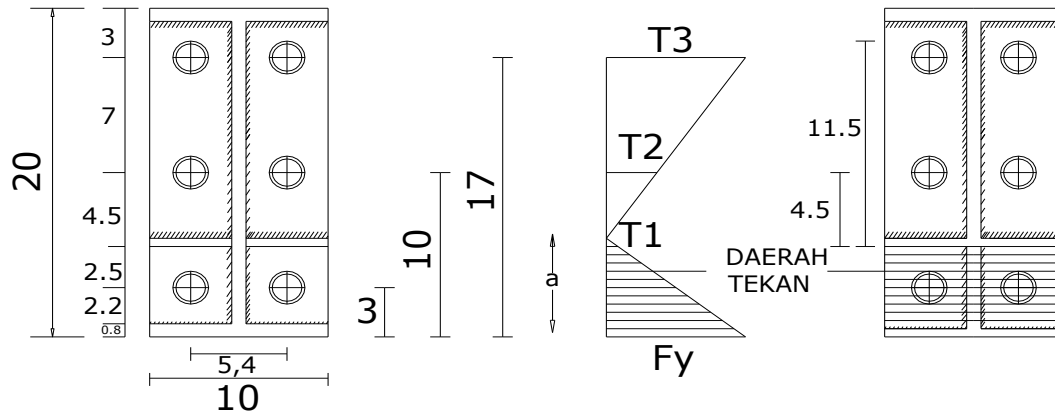
$$M_d = [-\phi_f \cdot n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot A_b (d_1 + d_2 + d_3)] + [\phi_f \cdot a \cdot b \cdot f_y (d - a/2)]$$

$$= [-0,75 \cdot 2 \cdot 8274 \cdot 0,75 \cdot 1,98(4,3 + 10 + 15,7)] +$$

$$\left[ 0,9 \cdot 1,536 \cdot 20 \cdot 2400(20 - 1,536/2) \right]$$

$$= 723233 \text{ kgcm} > M_u = 25412,94 \text{ kgcm} \dots\dots \text{OK}$$

- *Cara elastis*



*Gambar 4.8 Perletakan Baut Cara Elastis*

Dengan statis momen pada serat atas, diperoleh :

$$a = \sqrt{\frac{(a + d_1) + (a + d_2) + (a + d_3)}{b} \cdot 1 \cdot \pi \cdot d_b^2}$$

$$= \sqrt{\frac{(4,3) + (10) + (15,7)}{20} \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 1,588^2} = 3,4 \text{ cm} < 4,3 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

$$I = \frac{a^2 \cdot b}{3} + \sum n \cdot A_b \cdot d_a^2 = \frac{3,4^2 \cdot 20}{3} + \sum 2 \cdot 1,98 \cdot (0,9^2 \cdot 6,6^2 \cdot 12,3^2)$$

$$= 852 \text{ cm}^4$$

Gaya yang diterima 1 baut pada jarak terluar :

$$T = \frac{M_u \cdot A_b \cdot d_a}{I} = \frac{25412,94 \cdot 1,92 \cdot 12,3}{852} = 704,4037 \text{ kg}$$

Kontrol kekuatan 1 baut :

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$= 0,75 \cdot 8274 \cdot 1,98$$

$$= 12286,89 \text{ kg} > T = 704,4037 \text{ kg} \dots \text{OK (sambungan kuat)}$$

f. **Tegangan geser gaya geser:**

Gaya geser yang diterima 1 baut :

$$V_{baut} = \frac{V_u}{n} = \frac{6973,58}{6} = 1162,26 \text{ kg} \leq \phi R_n = 4914,756 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Tegangan geser yang dipikul 1 baut :

$$f_v \text{ baut A325} = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{V_{baut}}{A_{baut}} = \frac{1162.26}{1.98} = 587 \text{ kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK}$$

**g. Kontrol kombinasi geser dan tarik :**

Satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor.  $V_r$  dalam permukaan friksi harus memenuhi :

$$V_u < V_d (= \phi V_n) \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.102.PS.13.2.3.1})$$

$$\text{Dimana : } V_d = \phi V_n = 1.13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi = 1 \text{ untuk lubang standart.}$$

$$\mu = \text{koefisien gesek} = 0.25$$

$$m = \text{jumlah bidang geser}$$

$$T_b = \text{gayatarik baut minimum, untuk baut dengan } \varnothing 15.88 \text{ mm gaya tarik minimum} = 95 \text{ KN} = 95000 \text{ kg}$$

$$(\text{SNI 03-1729-2002, Hal.172.Tab.18.2.-1})$$

$$\phi V_n = 1.13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$= 1.13 \cdot 1 \cdot 0.25 \cdot 1 \cdot 95000 = 26837.5 \text{ kg}$$

Kombinasi geser dan tarik pada sambungan tipe friksi :

$$(\text{SNI 03-1729-2002, Hal.103.Ps.13.2.3.3})$$

$$V_d = \phi \cdot V_n \cdot \left[ 1 - \frac{T}{1.13 \cdot T_b} \right] = 26837.5 \cdot \left[ 1 - \frac{4417.05}{1.13 \cdot 95000} \right]$$

$$= 25733.238 \text{ kg} \geq V_u = 1708.92 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

**h. Perencanaan pelat ujung :**

Dipakai plat dengan lebar  $b = 100 \text{ mm}$  dan tingi  $h = 200 \text{ mm}$

Gaya yang bekerja pada pelat ujung bagian flens balok

$$T_u = \frac{M_u}{0.95 \cdot h_b} = \frac{25412.94}{0.95 \cdot 20} = 1337.523 \text{ kg}$$

Effective span

Diasumsi las fillet  $\frac{1}{4}$  "

$$P_e = P_f - \left( \frac{d_b}{4} \right) - 0.707 \cdot w$$

Dimana :  $P_f$  = jarak antar garis tengah baut ke permukaan didekat sayap tarik.  $d_b + \frac{1}{2}$  "



w = lebar las fillet

d<sub>b</sub> = diameter baut.

$$\begin{aligned}P_e &= (5/8" + 1/2") - \left(\frac{5/8"}{4}\right) - 0,707 \cdot 1/4" \\&= (1,588 + 1,27) - \left(\frac{1,588}{4}\right) - 0,707 \cdot 0,64 \\&= 2,0085 \text{ cm}\end{aligned}$$

C<sub>a</sub> = 1,13 (lihat tabel 4.1, asumsi F<sub>y</sub> = 36 ksi)

Tabel 4.1, Nilai C<sub>a</sub>

F <sub>y</sub> (ksi)	A325	A490
36	1,13	1,14
42	1,11	1,13
50	1,09	1,12
55	1,08	1,10
65	1,06	1,08

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_x}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{20 \cdot 0,8}{20 \cdot 0,55} = 1,45$$

$$\frac{P_e}{d_b} = \frac{2,0085}{1,588} = 1,264$$

$$\alpha_m = 1,13 \cdot 1 \cdot 1,5^{1/2} \cdot 1,264^{1/4} = 1,47$$

$$M_e = 1,47 \cdot 1337.523 \cdot \left(\frac{1,264}{4}\right) = 621.306 \text{ kgcm}$$

Tebal pelat ujung :

$$t_p = \sqrt{\frac{4 \cdot M_e}{b_s \cdot 0,9 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 621.306}{20 \cdot 0,9 \cdot 2400}} = 0.2398 \text{ cm}$$

Maka digunakan pelat penyambung dengan lebar = 100 dan tinggi

200 mm dan tebal = 0,8 mm sama dengan tebal flensnya kolom.

**i. Perencanaan las pada sambungan pelat ujung :**

Direncanakan las fillet dengan ketentuan :

Tebal plat = 8 mm

Tebal minimum las fillet :

(lihat pada tabel. 12)

Untuk  $\frac{1}{4}'' \leq T \leq \frac{1}{2}'' = 6,4 \leq T \leq 12,7$ , maka  $t_{e \text{ min fillet}} = 3/16'' = 0,5 \text{ cm}$

Tebal yang diambil :

$$t_e = \frac{1}{4}'' = 0,64 \text{ cm}$$

digunakan ukuran nominal las fillet ( $t_e$ ) =  $\frac{1}{4}'' = 0,64 \text{ cm}$

**j. Kekuatan desain las fillet :**

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot t_e (0,6 \cdot F_{EXX}) \quad (SNI 03-1729-2002, Hal.110.Ps.13.5.4.2)$$

Dimana :

$t_e = 12,7 \text{ cm}$ , adalah tebal rencana las.

$F_{EXX}$  = tegangan tarik putus logam las.

$$= 70 \text{ ksi} = 70 \cdot 6,89 = 482,3 \text{ MPa} = 4823 \text{ kg/cm}^2$$

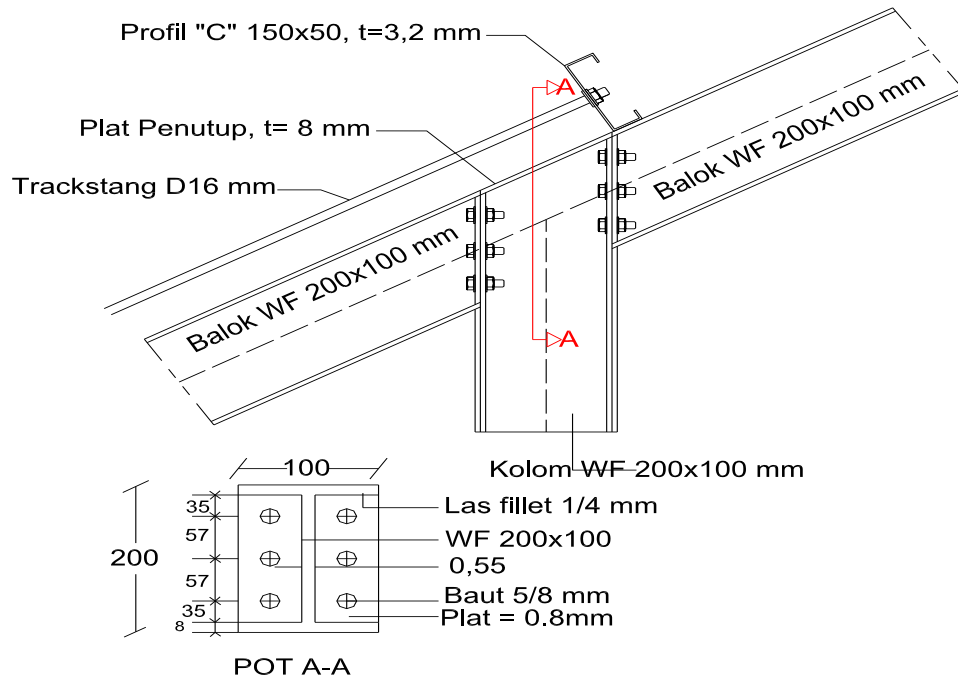
$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \cdot t_e \\ &= 0,75 \cdot (0,6 \cdot 4823) \cdot 12,7 \\ &= 1389,024 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

**k. Panjang las maksimum :**

$$\begin{aligned} \text{Panjang las (Lw)} &= (2 \cdot b_b) - t_w \\ &= (2 \cdot 10) - 0,55 \\ &= 19,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

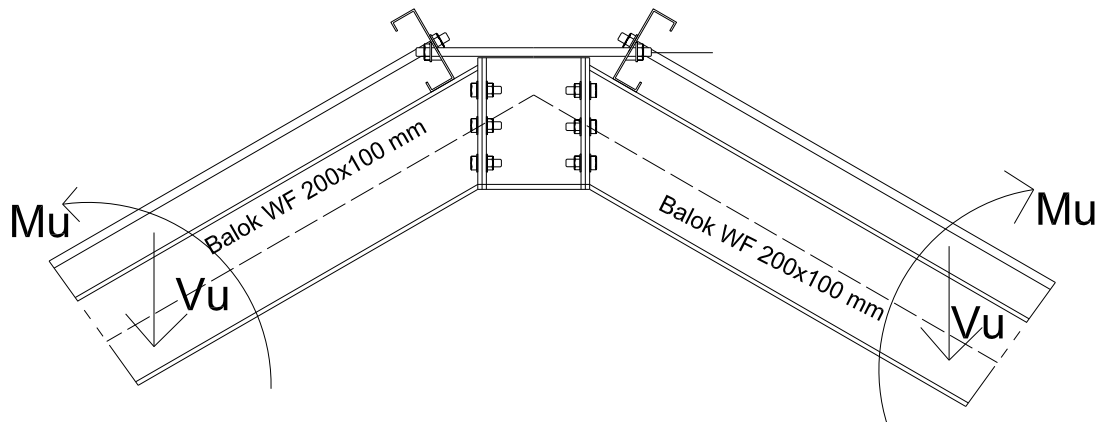
**l. Kekuatan yang diberikan oleh las fillet :**

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= \phi \cdot M_p \\ &= 0,9 \cdot Z_x \cdot f_y \rightarrow Z_x \text{ balok} = 200,152 \text{ cm}^3 \\ &= 0,9 \cdot 200,152 \cdot 2400 = 432328,32 \text{ kgcm} \\ T_{u \text{ maks}} &= \frac{\phi \cdot M_p}{h_b - t_{fb}} = \frac{432328,32}{20 - 0,8} = 22517,100 \text{ kg} \\ T_{las} &= Lw \cdot \phi R_{nw} = 19,45 \cdot 1389,024 \\ &= 27016,517 \text{ kg} > T_{u \text{ maks}} = 22517,100 \text{ kg...OK} \end{aligned}$$



**Gambar 4.6.1 Detail Sambungan Titik A**

#### 4.6.2. Sambungan pada titik B



***Gambar 4.6.2 Sambungan Puncak Balok – Balok***

Dari hasil perhitungan STAAD Pro 2004, diperoleh:

$$M_u = 26331.24 \text{ kgcm}$$

(lihat pada lampiran 03 )

$$V_u = 6973.58 \text{ kg}$$

(lihat pada lampiran 1 )

### A. Perhitungan jumlah baut :

Data perencanaan : baut Ø5/8" = 1,588 cm

$$\text{Luas penampang baut} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,588^2 = 1,98 \text{ cm}^2.$$

$$\begin{aligned} \text{Mutu baut A 325 dimana kekuatan tarik minimumnya (Fu}^b) \\ = 8274 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

#### a. Kuat geser nominal baut :

$$\phi R_n = \phi_f \cdot r_l \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.100.PS.13.2.2.1})$$

Dimana :

$r_l$  = 0,5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser.

$r_l$  = 0,4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser.

$\phi_f$  = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur.

$f_u^b$  = adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  = adalah luas bruto penampang baut pada daerah berulir

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 0,4 \cdot 8274 \cdot 1,98 \\ &= 4914,756 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### b. Kekuatan nominal baut dalam tarik :

$$\phi R_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.100.PS.13.2.2.1})$$

Dimana :

$\phi_f$  = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0,75 \cdot 0,75 \cdot 8274 \cdot 1,98 \\ &= 9215,1675 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### c. Kuat nominal tumpu desain :

$$\phi R_n = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.101.PS.13.2.2.4})$$

Dimana :

$d_b$  = adalah diameter baut nominal pada daerah tak berulir.

$t_p$  = 0,8 cm tebal bagian yang disambung.

$f_{ut}$  = kekuatan tarik dari bahan plat ; 75 ksi = 5171,25 kg/cm<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 1,588 \cdot 0,8 \cdot 5171,25 \\ &= 11825 \text{ kg} \end{aligned}$$

**d. Kuat nominal tumpu desain :**

*Jarak baut tepi*

$$1,5d \leq s \leq 3d$$

$$1,5 \cdot 1,588 \leq s \leq 3 \cdot 1,588$$

2,382 cm  $\leq s \leq$  4,764 cm, diambil 3,5 cm

*Jarak antar baut*

$$2,5d \leq s \leq 7d$$

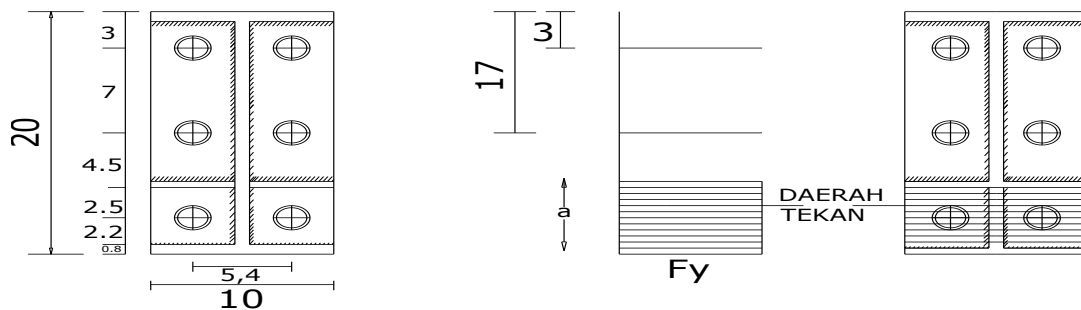
$$2,5 \cdot 1,588 \leq s \leq 7 \cdot 1,588$$

$3,97 \text{ cm} \leq s \leq 11,116 \text{ cm}$ , diambil  $5,7 \text{ cm}$

Direncanakan jumlah baut untuk arah horizontal = 2 baut dan arah vetikal = 3 baut, dengan jumlah 6 baut.

**e. Kontrol gaya tarik yang terjadi :**

- *Cara platis*



*Gambar 4.11 Perletakan Baut Cara Plastis*

Asumsi  $0 < a < 4,3 \text{ cm}$

$$d_1 = 4,3 \text{ cm}$$

$$d_2 = 10 \text{ cm}$$

$$d_3 = 15,7 \text{ cm}$$

- ❖ Digunakan baut Ø5/8" = 1,588 cm, Luas penampang baut = 1,98 cm<sup>2</sup>.
- ❖ Mutu baut A 325 dimana kekuatan tarik minimumnya ( $F_u^b$ ) = 8274 kg/cm<sup>2</sup>.
- ❖  $n_1$  = jumlah baut dalam 1 baris = 2
- ❖  $n_2$  = jumlah baut dalam 1 kolom = 3

Asumsi  $0 < a < 4,3 \text{ cm}$

$$R_n = n_1 \cdot f_u^2 \cdot 0,75 \cdot A_b \quad (\text{SNI } 03-1729-2002, \text{ Hal.100.PS.13.2.2.1})$$

$$f_y \cdot a \cdot b = n_1 \cdot f_u^2 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_2$$

$$a = \frac{n_1 \cdot f_u^2 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n_2}{f_y \cdot b}$$

$$a = \frac{2 \cdot 8274 \cdot 0,75 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 1,588^2 \cdot 3}{2400 \cdot 20}$$

$$= 1,536 \text{ cm} = 15,36 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

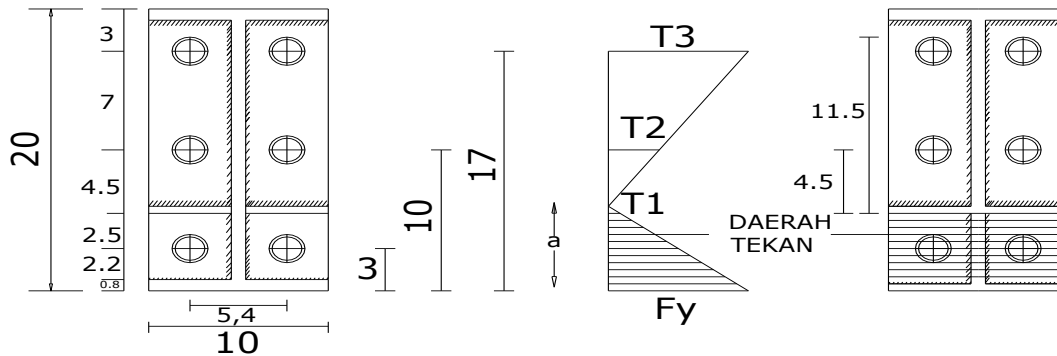
$$M_d = [-\phi_f \cdot n_1 \cdot f_u^b \cdot 0,75 \cdot A_b (d_1 + d_2 + d_3)] + [\phi_f \cdot a \cdot b \cdot f_y (d - a/2)]$$

$$= [-0,75 \cdot 2 \cdot 8274 \cdot 0,75 \cdot 1,98(4,3 + 10 + 15,7)] +$$

$$\left[ 0,9 \cdot 1,536 \cdot 20 \cdot 2400(20 - 1,536/2) \right]$$

$$= 723233 \text{ kgcm} > M_u = 26331.24 \text{ kgcm} \dots \text{OK}$$

*Cara elastic*



Gambar 4.12 Perletakan Baut Cara Elastis

Dengan statis momen pada serat atas, diperoleh :

$$a = \sqrt{\frac{(a + d_1) + (a + d_2) + (a + d_3)}{b} \cdot 1 \cdot \pi \cdot d_b^2}$$

$$= \sqrt{\frac{(4,3) + (10) + (15,7)}{20} \cdot 1 \cdot 3,14 \cdot 1,588^2} = 3,4 \text{ cm} < 4,3 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

$$I = \frac{a^2 \cdot b}{3} + \sum n \cdot A_b \cdot d_a^2 = \frac{3,4^2 \cdot 20}{3} + \sum 2 \cdot 1,98 \cdot (0,9^2 \cdot 6,6^2 \cdot 12,3^2)$$

$$= 852 \text{ cm}^4$$

Gaya yang diterima 1 baut pada jarak terluar :

$$T = \frac{M_u \cdot A_b \cdot d_a}{I} = \frac{26331.24 \cdot 1,92 \cdot 12,3}{852} = 729.85 \text{ kg}$$

Kontrol kekuatan 1 baut :

$$\begin{aligned} R_n &= 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b \\ &= 0,75 \cdot 8274 \cdot 1,98 \\ &= 12286,9 \text{ kg} > T = 729.85 \text{ kg} \dots \text{OK (sambungan kuat)} \end{aligned}$$

**f. Tegangan geser gaya geser:**

Gaya geser yang diterima 1 baut :

$$V_{baut} = \frac{V_u}{n} = \frac{6973.58}{6} = 1162.26 \text{ kg} \leq \phi R_n = 4914,756 \text{ kg} \dots \text{OK}$$

Tegangan geser yang dipikul 1 baut :

$$\begin{aligned} f_v \text{ baut A325} &= 2100 \text{ kg/cm}^2 \\ f_v &= \frac{V_{baut}}{A_{baut}} = \frac{1162.26}{1,98} = 587 \text{ kg/cm}^2 \leq 2100 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK} \end{aligned}$$

**g. Kontrol kombinasi geser dan tarik :**

Satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor.  $V_r$  dalam permukaan friksi harus memenuhi :

$$V_u < V_d (= \phi V_n) \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.102.PS.13.2.3.1})$$

$$\text{Dimana : } V_d = \phi V_n = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi = 1 \text{ untuk lubang standart.}$$

$$\mu = \text{koefisien gesek} = 0,25$$

$$m = \text{jumlah bidang geser}$$

$$\begin{aligned} T_b &= \text{gaya tarik baut minimum, untuk baut dengan } \varnothing 15,88 \text{ mm gaya} \\ &\text{tarik minimum} = 95 \text{ KN} = 95000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 1,13 \cdot \phi \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.172.Tab.18.2.-1})$$

$$= 1,13 \cdot 1 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 95000 = 26837,5 \text{ kg}$$

Kombinasi geser dan tarik pada sambungan tipe friksi :

$$(\text{SNI 03-1729-2002, Hal.103.Ps.13.2.3.3})$$

$$V_d = \phi \cdot V_n \cdot \left[ 1 - \frac{T}{1,13 \cdot T_b} \right] = 26837,5 \cdot \left[ 1 - \frac{729.85}{1,13 \cdot 95000} \right]$$

$$= 26837,432\text{kg} \geq V_u = 6973.58\text{kg} \dots \text{OK}$$

#### h. Perencanaan pelat ujung :

Dipakai plat dengan lebar  $b = 100 \text{ mm}$  dan tingi  $h = 200 \text{ mm}$

Gaya yang bekerja pada pelat ujung bagian flens balok

$$T_u = \frac{M_u}{0,95 \cdot h_b} = \frac{26331.24}{0,95 \cdot 20} = 1385.85 \text{ kg}$$

Effective span

Diasumsi las fillet  $\frac{1}{4}$  "

$$P_e = P_f - \left(\frac{d_b}{4}\right) - 0,707 \cdot w$$

Dimana :  $P_f$  = jarak antar garis tengah baut ke permukaan didekat sayap tarik.  $d_b + \frac{1}{2}$  "

$w$  = lebar las fillet

$d_b$  = diameter baut.

$$\begin{aligned} P_e &= (5/8" + 1/2") - \left(\frac{5/8"}{4}\right) - 0,707 \cdot 1/4" \\ &= (1,588 + 1,27) - \left(\frac{1,588}{4}\right) - 0,707 \cdot 0,64 \\ &= 2,0085 \text{ cm} \end{aligned}$$

$C_a = 1,13$  (lihat tabel 4.2, asumsi  $F_y = 36 \text{ ksi}$ )

Tabel 4.2, Nilai  $C_a$

$F_y$ (ksi)	A325	A490
36	1,13	1,14
42	1,11	1,13
50	1,09	1,12
55	1,08	1,10
65	1,06	1,08

$$C_b = \sqrt{\frac{b_f}{b_x}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{20 \cdot 0,8}{20 \cdot 0,55} = 1,45$$

$$\frac{P_e}{d_b} = \frac{2,0085}{1,588} = 1,264$$

$$\alpha_m = 1,13 \cdot 1 \cdot 1,5^{1/2} \cdot 1,264^{1/4} = 1,47$$



$$M_e = 1,47 \cdot 1385,85 \cdot \left(\frac{1,264}{4}\right) = 643.7550 \text{ kgcm}$$

Tebal pelat ujung :

$$t_p = \sqrt{\frac{4 \cdot M_e}{b_s \cdot 0,9 \cdot F_y}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 643.7550}{20 \cdot 0,9 \cdot 2400}} = 0,2310 \text{ cm}$$

Maka digunakan pelat penyambung dengan lebar = 100 dan tinggi 200 mm dan tebal = 0,8 mm sama dengan tebal flangennya kolom.

**i. Perencanaan las pada sambungan pelat ujung :**

Direncanakan las fillet dengan ketentuan :

Ketebalan logam dasar bagian yang tebal yang di las :

(struktur baja I, G.G.Salmon, Hal.243)

Untuk  $\frac{1}{4} " \leq T \leq \frac{1}{2} "$ , maka  $t_{e \text{ min fillet}} = 3/16" = 0,5 \text{ cm}$

Tebal yang diambil :

$$t_e = \frac{1}{4} " = 0,64 \text{ cm}$$

digunakan ukuran nominal las fillet ( $t_e$ ) =  $\frac{1}{4} " = 0,64 \text{ cm}$

**j. Kekuatan desain las fillet :**

$$\phi R_{nw} = 0,75 \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \cdot t_e \quad (\text{SNI 03-1729-2002, Hal.110.Ps.13.5.4.2})$$

Dimana :

$t_e$  = 0,64 cm, adalah tebal rencana las.

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las.

$$= 70 \text{ ksi} = 70 \cdot 6,89 = 482,3 \text{ MPa} = 4823 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \cdot t_e \\ &= 0,75 \cdot (0,6 \cdot 4823) \cdot 0,64 \\ &= 1389,024 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

**k. Panjang las maksimum :**

$$L_w = 2 \cdot b_b - t_w = 2 \cdot 10 - 0,55 = 19,45 \text{ cm}$$

**l. Kekuatan yang diberikan oleh las fillet :**

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= \phi \cdot M_p \\ &= 0,9 \cdot Z_x \cdot f_y \rightarrow Z_x \text{ balok} = 200,152 \text{ cm}^3 \\ &= 0,9 \cdot 200,152 \cdot 2400 = 432328,32 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$T_{u maks} = \frac{\phi \cdot M_P}{h_b - t_{fb}} = \frac{432328,32}{20 - 0,8} = 22517,100 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T_{las} &= Lw \cdot \phi R_{nw} = 19,45 \cdot 1389,024 \\ &= 27016,517 \text{ kg} > T_{u maks} = 22517,100 \text{ kg} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

**m. Pengaku Vertikal:**

Syarat

(Agus setiawan, perencanaan struktur baja dengan metode LRFD.2006, hal 223)

$$1. \frac{dg}{tw} \leq 250$$

$$\frac{20}{0.55} \leq 250$$

$$36.36 \leq 250$$

$$2. V_u \leq C_v \cdot \phi \cdot V_n$$

$$\begin{aligned} dg/tw &= 1,10 \frac{\sqrt{k_n \cdot E}}{f_y} \\ 20/0.55 &= 1,10 \frac{\sqrt{5 \cdot 200000}}{240} \\ 36.36 &< 69.57 \end{aligned}$$

Karena nilai  $dg/tw < 1,10 \frac{\sqrt{k_n \cdot E}}{f_y}$ , maka  $C_v = 1$

$$V_u \leq C_v \cdot \phi \cdot V_n$$

$$6973.58 \text{ N} \leq 1.09 \cdot 26837,5$$

$$6973.58 \text{ N} \leq 24153.75 \text{ N}$$

Karena syarat 1 dan 2 terpenuhi, maka tidak diperlukan pengaku vertikal

**KONTROL PROFIL :**

**1. Kontrol Kekuatan Momen Lentur**

**Tekuk Lokal ( penampang Lubang)**

Sayap :

$$\frac{bf}{2 \cdot tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{10}{2 \cdot 0.8} \leq \frac{170}{\sqrt{240}}$$

$$6,25 \leq 10,75$$

Badan :

$$\frac{I_x + I_y}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{240}}$$

$$\frac{8,24 + 2,22}{0,55} \leq \frac{1365}{\sqrt{240}}$$

$$19,018 \leq 88,11 \quad \text{maka penampang kompak}$$

**Kuat Beban Terfaktor :**

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= d_g \cdot t_w \\ &= 200 \cdot 0,55 \\ &= 11000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= 140000 \cdot 240 \\ &= 33600000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= M_p - f_y \cdot \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} \right) + e \\ &= 33600000 - 240 \cdot 11000 \cdot \left( \frac{140}{4} \right) + 0 \\ &= 529200000 \cdot 10^6 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kontrol Momen Maksimal Pada Daerah Tumpuan

$$\begin{aligned}\phi M_n &\geq M_u \text{ tumpuan} \\ 0,9 \cdot 529200000 \cdot 10^6 \text{ mm} &\geq 24252,44 \\ 4762800000 \cdot 10^6 \text{ mm} &\geq 24252,44 \quad \underline{\text{Aman}}\end{aligned}$$

Kontrol Momen Maksimal pada daerah lapangan

$$\begin{aligned}\phi M_n &\geq M_u \text{ Lapangan} \\ 0,9 \cdot 529200000 \cdot 10^6 \text{ mm} &\geq 111,83 \\ 4762800000 \cdot 10^6 \text{ mm} &\geq 111,83 \quad \underline{\text{Aman}}\end{aligned}$$

**Kontrol kekuatan Geser**

$$\begin{aligned}&\frac{d_g - 2 \cdot t_f}{t_w} \\ &= \frac{20 - 2 \cdot 0,8}{0,55} \\ &= 33,45 \\ &\frac{1355}{\sqrt{f_y}} = \frac{1355}{\sqrt{240}} = 87,46\end{aligned}$$

$$\frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,004$$

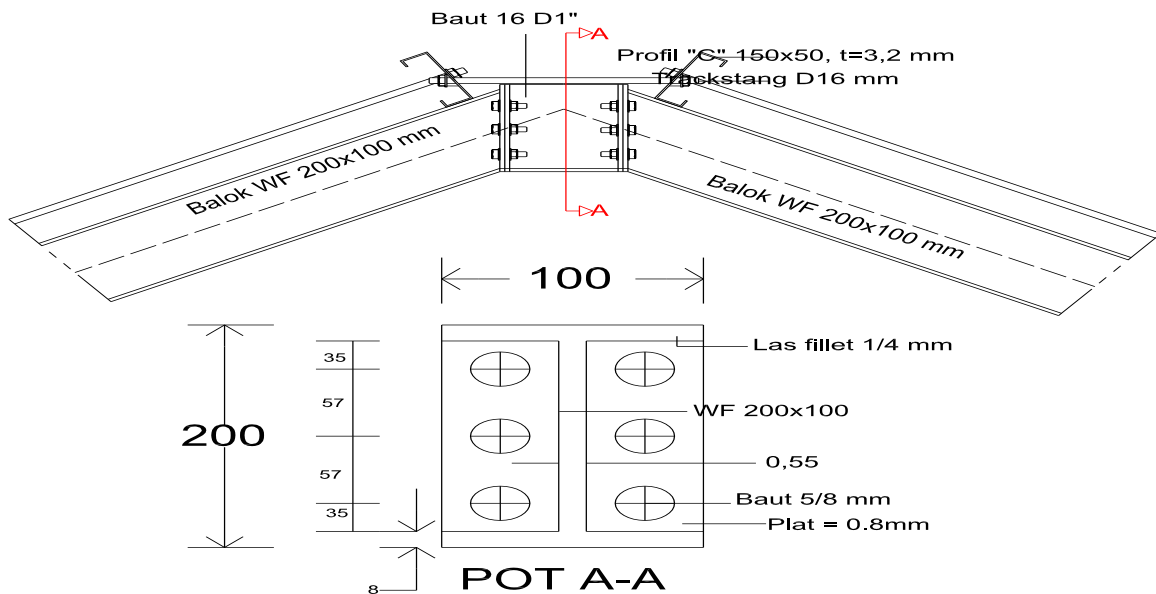
**Kuat Beban Terfaktor**

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \cdot 26496 \geq 6973.58 \text{ kg}$$

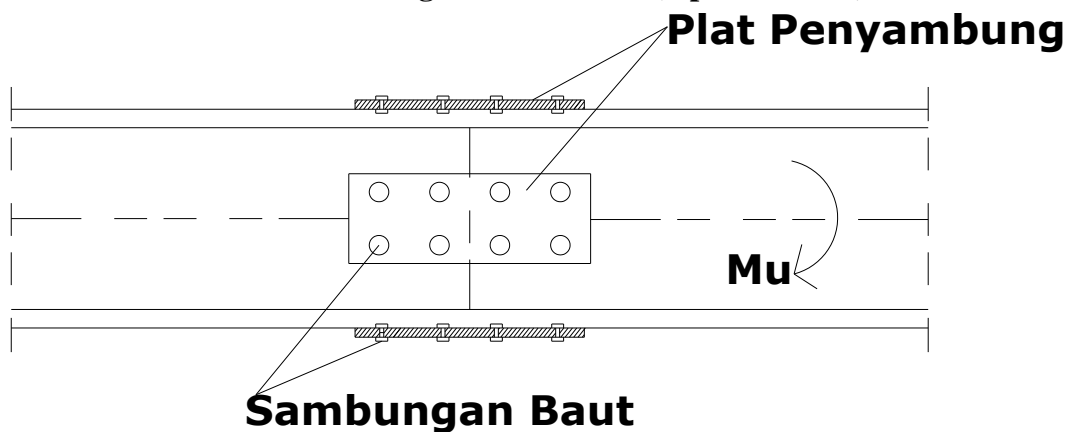
$$23846,4 \geq 6973.58 \text{ kg}$$

**AMAN**



*Gambar 4.13 Detail Sambungan Titik B*

#### 4.6.3 Perencanaan sambungan Balok Balok ( Spliced Beam)



**Gambar 4.14 Sambungan Titik C**

Data Profil WF : 200X100

Panjang batang =  $L = 18.96 \text{ m}$

$b = 10 \text{ cm}$

$h = 20 \text{ cm}$

$t_f = 0,8 \text{ cm}$

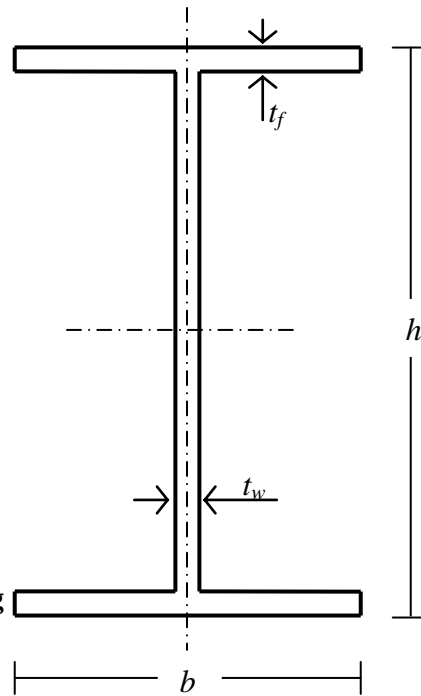
$t_w = 0,55 \text{ cm}$

$r = 1,1 \text{ cm}$

$A = 27,16 \text{ cm}^2$

$I_x = 1840 \text{ cm}^4$

$I_y = 134 \text{ cm}^4$



Gambar 4.2 Dimensi Balok

➤ **Kapasitas Momen dan Geser Penampang**

$$\phi \cdot M_p = f_y \cdot A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right)$$

$$2365,353 \cdot 10^6 \text{ kgcm}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0.9 \cdot 0.6 \cdot 240 \cdot (10 - 2 \cdot 0.8)$$

$$= 1088.64 \text{ kg}$$

➤ **Perencanaan Spliced Beam**

• **Sambungan Baut Pada sayap balok**

**Luas penampang Baut**

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2$$

$$= 876,8^2 \text{ cm}$$

**Kuat Geser Baut :**

$$\phi R_n = \phi \cdot m \cdot 0,5 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

$$= 0.75 \cdot 1.0 \cdot 5.410.876,8$$

$$= 2720.49 \text{ kg}$$

**Kuat Tumpu Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 410 \\
 &= 3574,365 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai  $\phi R_n$  di ambil yang terkecil dari kuat geser baut dan kuat tumpu baut

$$\phi R_n = 2720,49 \text{ kg}$$

**Gaya Tarik yang terjadi pada sayap :**

$$\begin{aligned}
 T_n &= M_n / d \\
 &= \frac{2365,353 \cdot 10^6}{20} \\
 &= 11827,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Jumlah baut yang di pakai :**

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{T_n}{\phi R_n} \\
 &= \frac{11827,6}{2720,49} \\
 &= 4,3475 \text{ buah} = 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Jadi diperlukan 5 buah baut pada setiap sisi sayap balok.

**Sambungan Baut Pada Badan Balok :****Luas penampang Baut :**

$$\begin{aligned}
 A_b &= \frac{1}{4} \cdot \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Kuat Geser Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot m \cdot 0,5 \cdot f_u^b \cdot A_b \\
 &= 0,75 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 410 \cdot 200,96 \\
 &= 1247057,28 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Kuat Tumpu Baut :**

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 16 \cdot 15 \cdot 410 \\
 &= 3574,365 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Nilai  $\phi R_n$  di ambil yang terkecil dari kuat geser baut dan kuat tumpu baut

$$\phi R_n = 3574,365 \text{ N}$$

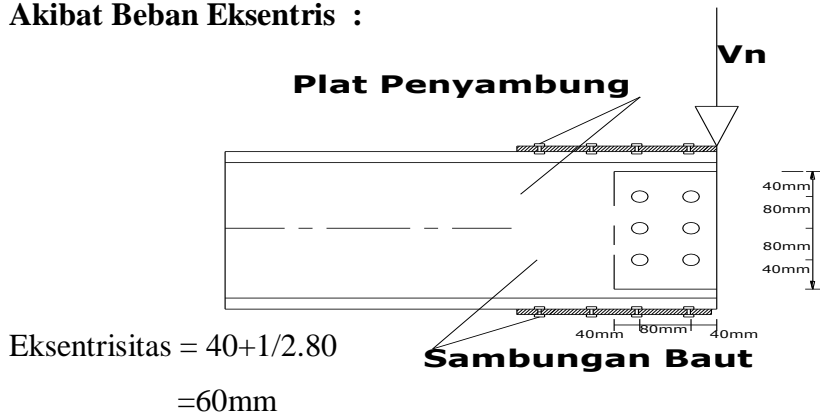
**Jumlah baut yang di pakai :**

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_n}{\phi R_n} \\ &= \frac{11827.6}{3574.365} \\ &= 3.30 \text{ buah} = 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Kontrol Block Sentris :**

$$\begin{aligned} R_v &= \frac{V_n}{n} \\ &= \frac{11827.6}{6} \\ &= 1971.27 \text{ N} \end{aligned}$$

**Akibat Beban Eksentris :**



Gaya yang terjadi akibat eksentrisitas :

$$M = V_n \cdot E$$

$$\begin{aligned} &= 11827.6 \cdot 60 \\ &= 709656 \text{ kgmm} \\ \sum X^2 &= 3(40^2 + 120^2) \\ &= 48000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sum y^2 = 6(40^2)$$

$$= 9600 \text{ mm}^2$$

$$\sum X^2 + \sum y^2 = 48000 + 9600$$

$$= 57600 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} R_{hx} &= \frac{M_x}{\sum X^2 + \sum y^2} \\ &= \frac{709656.80}{57600} \\ &= 985.633 \text{ kg} \end{aligned}$$

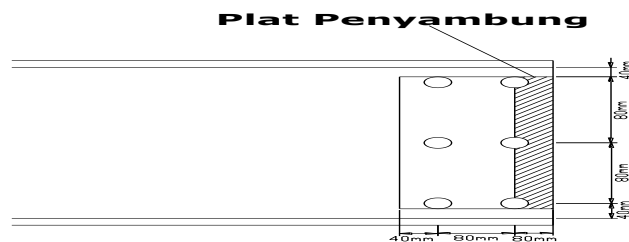
$$\begin{aligned} R_{hy} &= \frac{M_y}{\sum X^2 + \sum y^2} \\ &= \frac{709656.40}{57600} \\ &= 49.275 \text{ kg} \end{aligned}$$

Resultan gaya yang terjadi pada satu baut :

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_v^2 + (R_{hx}^2 + R_{hy}^2)} \\ &= \sqrt{1478.45 + (985.633^2 + 49.275^2)} \\ &= 973938.8 \text{ kg} > \phi R_n = 3574,365 \text{ N} \quad \underline{\text{Aman}} \end{aligned}$$

Kontrol Geser :

Daerah Geser Block



**Gambar 4.14.1 Sambungan Titik B**

Gambar Daerah Penampang Geser Pada Spliced Beam

Luas bruto penampang akibat geser

$A_{gv}$  = panjang penampang geser x tebal plat

$$\begin{aligned} &= (40 + 80 + 80 + 80) \cdot 10 \\ &= 2800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Netto penampang akibat geser

$$\begin{aligned} &= (280 - 3,5 (16 + 1)) \cdot 10 \\ &= 2205 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Bruto penampang akibat Tarik



Agt = panjang penampang tarik x tebal plat

$$= 40 \times 10$$

$$= 400 \text{ mm}^2$$

Luas Netto penampang akibat Tarik

Agt = (panjang penampang tarik x Jumlah lubang baut )x tebal plat

$$= (40 - 0,5(16+1)).10$$

$$= 315 \text{ mm}^2$$

Cek terhadap Geser Balok

$$Fu.Ant = 410 .315$$

$$= 12950 \text{ kg}$$

$$0,6Fu.Anv = 0,6 .410 . 2205$$

$$= 5424300 \text{ kg}$$

Karena  $fu.Ant = 2606310 < 0,6Fu.Anv = 0,6 .410 . 2205$  maka

$$Tn = (0,6Fu.Anv) + (fy . Agt)$$

$$= ( 0,6 .410 . 2205) + (240 .2800)$$

$$= 1242430 \text{ kg}$$

$$\phi Tn = 0.75 / 1242430$$

$$= 931822 \text{ kg} > Vn = 11827.6 \quad \underline{\text{Aman.}}$$

**Jadi di pakai :**

Sambungan pada tiap sisi sayap balok

$$\text{Baut} = \phi 16 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah Baut} = 14 \text{ buah}$$

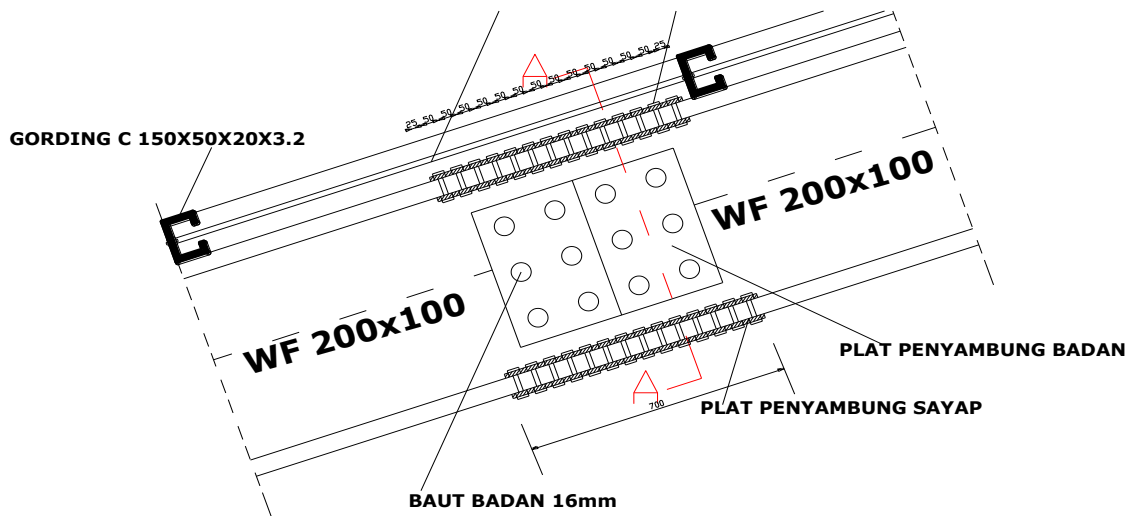
$$\text{Jarak antara baut} = 50 \text{ mm}$$

Sambungan pada tiap sisi badan balok

$$\text{Baut} = \phi 16 \text{ mm}$$

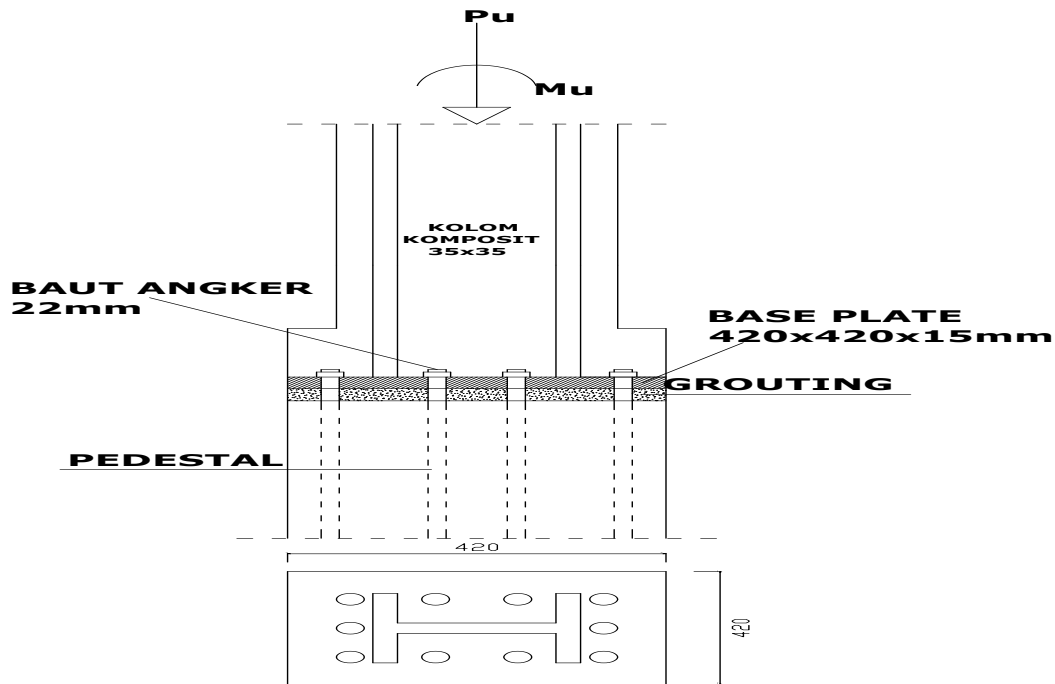
$$\text{Jumlah Baut} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antara baut} = 50 \text{ mm}$$



Gambar 4.14 Sambungan Balok Balok (*spliced Beam*)

#### 4.6.4 Sambungan pada titik C



Gambar 4.15 Perencanaan Sambungan Base Plate

Data perhitungan :

(hasil dari STAAD Pro 2004, lihat pada lampiran)

$$V_u = 4122.757 \text{ kg} \quad (\text{lihat pada lampiran STAAD PRO})$$

$$P_u = 2425.83 \text{ kg} \quad (\text{lihat pada lampiran STAAD PRO})$$

$$M_u = 0 \text{ kgcm, mengingat ujung kaki kolom di "Release",}$$

Jadi momen yang terjadi sama dengan nol.

Data profil kolom pendek WF 200x100

$$b = 10 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

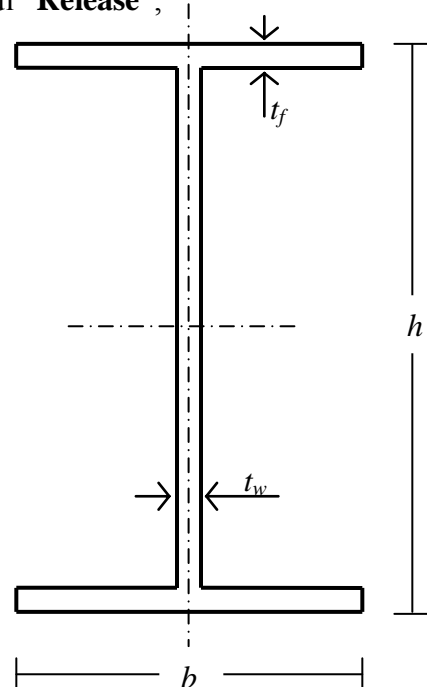
$$t_f = 0,8 \text{ cm}$$

$$t_w = 0,55 \text{ cm}$$

$$r = 1,1 \text{ cm}$$

$$A = 27,16 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 1840 \text{ cm}^4$$



Gambar 4.16 Dimensi Balok

$$I_y = 134 \text{ cm}^4$$

Gaya tarik pada flens akibat momen :

$$T_u = C_u = \frac{M_u}{0,95 \cdot h} = \frac{0}{0,95 \cdot 20} = 0 \text{ kg}$$

### G. Penentuan dimensi pelat dasar

Luas bidang plat dasar perlu ( $A_1$  perlu)

$$P_u \leq \phi \cdot P_p$$

$$P_u \leq \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot A_1)$$

$$2425.83 \leq 0,6 \cdot (0,85 \cdot 24 \cdot A_1)$$

$$A_1 \geq 198.18 \text{ mm}^2$$

Asumsikan dimensi plat dasar

$$B = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

$$N = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

$$A = 100 \times 200 = 20000 \text{ mm}^2 \geq 198.18 \text{ mm}^2$$

Sehingga dimensi plat dasar yang dipakai = 100 mm x 200 mm

### H. Tebal pelat dasar

Penentuan nilai m dan n

$$0,8 \cdot b = 0,8 \cdot 10 = 8 \text{ cm}$$

$$0,95 \cdot d = 0,95 \cdot 20 = 19 \text{ cm}$$

$$m = 0,5 (N - 0,95 d) = 0,5 (20 - 19) = 0,5 \text{ cm}$$

$$n = 0,5 (B - 0,8 b_r) = 0,5 (10 - 8) = 1,0 \text{ cm}$$

$$t_p = \sqrt{\frac{2 \cdot p_u \cdot n^2}{B \cdot N \cdot 0,9 f_y}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2425.83 \cdot 1^2}{10 \cdot 20 \cdot 0,9 \cdot 2400}} = 0,10 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Dipakai 0,55 mm

## I. Kontrol tebal dasar

$$M_u = 0 \text{ kgcm}$$

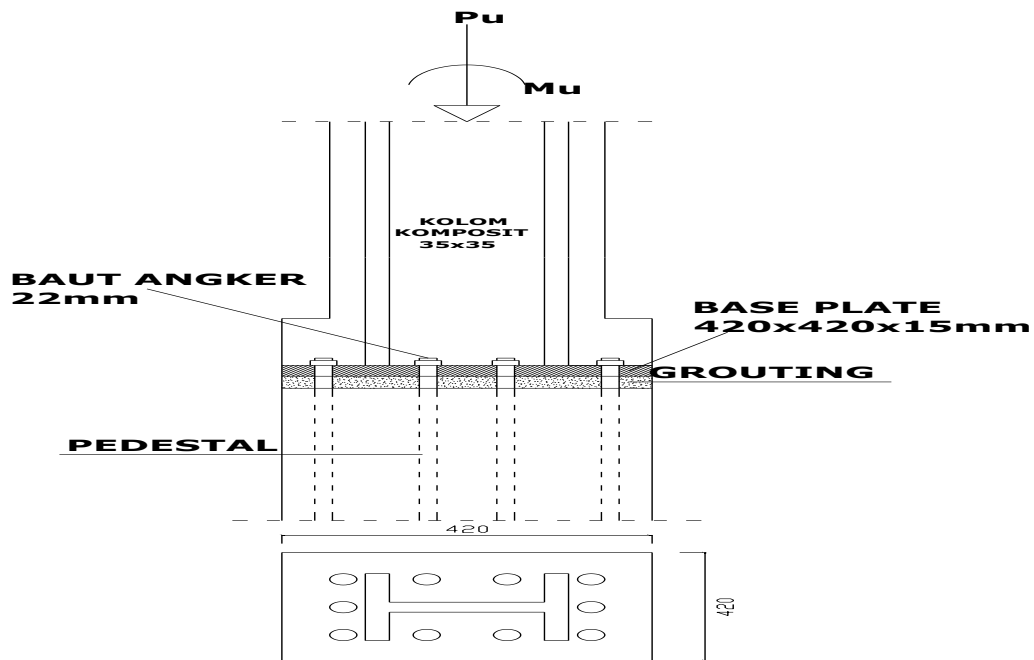
$$P_u = 2425.83 \text{ kg}$$

$$A = 10 \times 20 = 200 \text{ cm}^2$$

$$S = 1/6 \times 10 \times 20^2 = 666.67 \text{ cm}^2$$

$$f_p = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_u}{S} = \frac{2425.83}{200} \pm \frac{0}{666.67}$$

$$f_p = 1617.22 \text{ kg/cm}^2 (\text{tegan gantekan})$$



Gambar 4.17 Sambungan dan Diagram Tegangan

Gaya jangkar akibat gaya tarik :

$$T_u = 1/2 \cdot f_p \cdot B$$

$$T_u = 1/2 \times 1617.22 \times 10$$

$$T_u = 8086.1 \text{ kg}$$

**Jumlah angkaer yang diperlukan :**

$$A = \frac{T_u}{\phi \cdot 0,75 \cdot f_y} = \frac{8086.1}{0,75 \cdot 0,75 \cdot 2400} = 5.9897 \text{ cm}^2$$

Dipakai baut jangkar diameter  $\frac{1}{2}$ " = 1,27 cm

**Diperlukan jarak jangkar :**

$$n = \frac{A}{A_{baut}} = \frac{5.9897}{1/4 \cdot 3,14 \cdot 1,27^2} = 1.266 \text{ cm}^2$$

Dipakai 4 baut.

#### **J. Kontrol kekuatan geser**

$$V_u = 4122.757 \text{ kg}$$

$$R_n = \phi (0,6 F_u^b) m \cdot A_b$$

Dengan :  $\phi = 0,65$  faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$$\begin{aligned} F_u^b &= \text{kekuatan tarik bahan baut (12 Ksi untuk baut mutu A235)} \\ &= 8436,2328 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$m$  = jumlah bidang geser (irisan tunggal =1)

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 1,27^2 = 1,27 \text{ cm}^2$$

Maka :

$$R_n = \phi (0,6 F_u^b) m \cdot A_b$$

$$= 0,65 \times (0,6 \times 8436,2328) \times 1 \times 1,27 = 4165,722 \text{ kg}$$

**Kekuatan geser total baut :**

$$R_n \cdot n_{baut} = 4165,722 \times 4 = 16662,888 \text{ kg} > V_u = 4122.757 \text{ kg}$$

#### **K. Jarak baut angker :**

**Jarak baut tepi arah B**

$$1,5d \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 15 \text{ cm}$$

$$1,5 \cdot 1,27 \leq S_1 \leq 12 \cdot 0,55$$

$$1,91 \text{ cm} \leq S_1 \leq 9,6 \text{ cm}$$

$$S_1 = 2,3 \text{ cm}$$

**Jarak antar baut arah B**

$$2,5d \leq S_2 \leq 15 t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,5 \cdot 1,27 \leq S_2 \leq 20 \cdot 0,55$$

**Jarak baut tepi arah N**

$$1,5d \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 15 \text{ cm}$$

$$1,5 \cdot 1,27 \leq S_1 \leq 12 \cdot 0,55$$

$$1,91 \text{ cm} \leq S_1 \leq 9,6 \text{ cm}$$

$$S_1 = 5,3 \text{ cm}$$

**Jarak antar baut arah N**

$$2,5d \leq S_2 \leq 15 t_p \text{ atau } 20 \text{ cm}$$

$$2,5 \cdot 1,27 \leq S_2 \leq 20 \cdot 0,55$$

$$3,18 \text{ cm} \leq S_2 \leq 11 \text{ cm}$$

$$S_2 = 5,5 \text{ cm}$$

$$3,18 \text{ cm} \leq S_2 \leq 11 \text{ cm}$$

$$S_2 = 9,5 \text{ cm}$$

#### L. Perencanaan las pada sambungan pelat dasar

Tebal maksimum las : (tidak ada ketentuan khusus untuk kasus ini).

Digunakan ukuran nominal las fillet = 0,5 inch = 12,7 mm, dengan leher efektif = 0,3535 inch = 8,979 mm

#### Ketentuan desain las fillet :

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot (0,60 F_{EXX})$$

$$t_e = \text{dimensi leher efektif}$$

$$F = \text{kekuatan tarik material elektroda las}$$

(pakai 30 ksi = 2109,21 kg/cm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= \phi \cdot t_e \cdot (0,60 F_{EXX}) \\ &= 0,75 \cdot 0,898 \cdot (0,6 \cdot 2109,21) \\ &= 852,332 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

#### Kekuatan yang diberikan oleh las fillet :

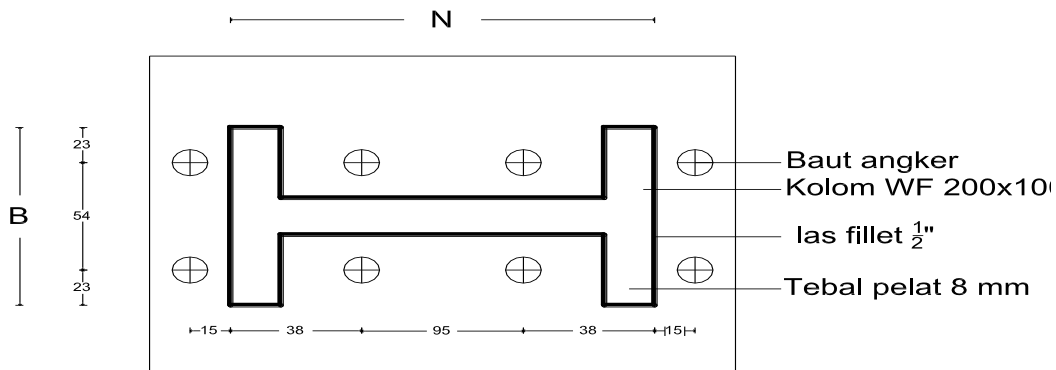
$$T = L_w \cdot (\phi \cdot R_{nw})$$

Dengan : panjang las yang menahan tarik diasumsikan hanya sayap bagian luar

$$\begin{aligned} L_w &= 2 \cdot b_f - t_w \\ &= 2 \cdot 10 - 0,55 \\ &= 19,45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka :

$$T = 19,45 \cdot 852,332 = 16577,853 \text{ kg} > T_u = 106,746 \text{ kg} \dots \text{OK}$$



Gambar 4.18 Pelat Ujung Kolom

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur atap baja WF pada proyek pembangunan ballroom di ijen padjadjaran Malang ini, bertujuan untuk merencanakan konstruksi atap sesuai dengan pemilihan model dengan kegunaan bangunan yang diutamakan faktor estetika.

2. Dari hasil perencanaan struktur atap baja WF pada proyek pembangunan ballroom di ijen padjadjaran Malang ini didapatkan data-data perencanaan sebagai berikut :

Mutu Baja WF	: 240MPa
Dimensi WF	: 200X100
Baut sambungan	: 5/8"
Tebal Plat Ujung	: 0,8 cm
Dimensi Gording	: C <sub>150x50x20x3,2</sub> ( Light Lip Channels )
Dimensi Trackstang	: D16 mm
Dimensi Ikatan Angin	: D20 mm

3. Perhitugnan pembebanan ini menggunakan Program Bantu STAAD Pro 2004, dengan demikian pada :
  - Beban Mati menggunakan Perintah “Selfweight”-1, yaitu : berat sendiri elemen konstruksi dianggap 100% (1 kali), minus menunjukkan arah gravitasi yang berlawanan dengan arah sumbu global.
  - Beban Hidup di asumsikan berat P = 100 kg, menggunakan perintah “Nodal Load”, yaitu : beban P = 100 kg terpusatkan di tengah bentang gording.



- Beban Angin direncanakan 25 kg/m<sup>2</sup>, menggunakan perintah “Plate Load” yang ditinjau dari 4 sisi, yaitu : Angin Timur, Barat, Selatan dan Utara.
- Kombinasi Beban disesuaikan dengan SNI 03-1729-2002. (*Tata cara perencanaan struktur Baja untuk bangunan gedung*)
- Pada perhitungan momen maupun gaya-gaya yang terjadi pada struktur akibat pembebanan diatas diambil dari hasil STAAD Pro 2004.

## 5.2. **Saran**

1. Dalam perencanaan struktur atap baja WF sebaiknya data-data, buku dan literatur peraturan yang berkaitan dengan perencanaan baja WF harus lengkap, dikarenakan laporan ini nantinya akan digunakan sebagai bahan pemikiran dan pertimbangan dalam perencanaan dan perancangan struktur atap baja WF.
2. Penggunaan Software Program Bantu STAAD Pro 2004 ini harus ada label *license* dan *Input* data harus dilakukan dengan teliti sehingga pada saat analisa struktur hasilnya bisa akurat.
3. Dalam melakukan perencanaan elemen-elemen struktur baja, sebaiknya mempertimbangkan kemudahan pelaksanaan di lapangan serta kemudahan memperoleh bahan atau meterial yang dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim., (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, SNI-03-1729-2002.

Anonim., (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI-03-2847-2002.

Peraturan Baja, (1984). *Menggunakan Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Peraturan Pembebanan, (1983). *Menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.

Salmon C. G dan Johnson J. e, (1994). *Struktur Baja Disain Dan Perilaku I dan II*, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Setiawan Agus. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD edisi I & II (berdasarkan SNI 03-1729-2002)*, PT. Penerbit Erlangga.

*Laporan-laporan tugas akhir dan materi-materi kuliah.*

Untuk perhitungan statikanya penulis menganalisa balok kuda-kuda baja WF dengan menggunakan program *Structural Analysis And Design3D* (STAAD Pro 2004)berlisansi.